



ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΔΙΑΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΑΚΟ ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΣΠΟΥΔΩΝ

«ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ ΚΑΙ ΝΕΕΣ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΕΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΕΣ»

ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ « ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΤΗΣ ΧΗΜΕΙΑΣ»

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**«Διερεύνηση της διδακτικο-μαθησιακής λειτουργίας των εικονιστικών
αναπαραστάσεων στην ενότητα Θερμότητα-Θερμοδυναμική στα σχολικά
εγχειρίδια δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης»**

Κανέλλα Κουρεμένου

A.M. 151101

Επιβλέπων Καθηγητής: Γιαννακουδάκης Παναγιώτης, Καθηγητής ΑΠΘ

ΑΘΗΝΑ

Ιούλιος 2017

ΕΘΝΙΚΟ ΚΑΙ ΚΑΠΟΔΙΣΤΡΙΑΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ

ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΧΗΜΕΙΑΣ

ΔιΧηNET

ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΣ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

**«Διερεύνηση της διδακτικο-μαθησιακής λειτουργίας των εικονιστικών
αναπαραστάσεων στην ενότητα Θερμότητα-Θερμοδυναμική στα σχολικά βιβλία
δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης»**

ΚΑΝΕΛΛΑ ΚΟΥΡΕΜΕΝΟΥ

A.M.: 151101

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:

Γιαννακουδάκης Παναγιώτης, Καθηγητής Τμήματος Χημείας ΑΠΘ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Γιαννακουδάκης Παναγιώτης, Καθηγητής, Τμήμα Χημείας, ΑΠΘ (Επιβλέπων)

Μιρτάτ Μπουρουσιάν, Αναπληρωτής Καθηγητής, Σχολή Χημικών Μηχανικών, ΕΜΠ

Μεθενίτης Κωνσταντίνος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Χημείας, ΕΚΠΑ

Ιούλιος 2017

**«Διερεύνηση της διδακτικο-μαθησιακής λειτουργίας των εικονιστικών
αναπαραστάσεων στην ενότητα θερμότητα-θερμοδυναμική στα σχολικά
εγχειρίδια δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης»**

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η πολυτροπική προσέγγιση της πληροφορίας έχει αποδειχθεί ότι συμβάλλει σημαντικά στη διδασκαλία και τη μάθηση ενός αντικειμένου. Το σχολικό βιβλίο, ως κεντρικό εργαλείο στη διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία θα πρέπει να εξυπηρετεί το σκοπό του κατά τον βέλτιστο τρόπο. Στην παρούσα εργασία εξετάστηκαν και αξιολογήθηκαν με βάση επιστημονικά-ενδοκλαδικά και παιδαγωγικά κριτήρια όλες οι εικονιστικές αναπαραστάσεις θερμότητας-θερμοδυναμικής που περιλαμβάνονται στα σχολικά βιβλία επιστήμης της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Στη συνέχεια, για όσες θεωρήθηκαν άρτιες, ακολούθησε σχολιασμός για την κειμενική τους λειτουργία και προτάσεις για την διδακτική τους αξιοποίηση. Τέλος, πέντε έμπειροι εκπαιδευτικοί Φυσικής σε δημόσια ελληνικά σχολεία, ερωτήθηκαν για την άποψή τους για το εικονιστικό μέρος των σχολικών βιβλίων στο συγκεκριμένο γνωστικό πεδίο. Τα ευρήματα δείχνουν ότι οι εικονιστικές αναπαραστάσεις των σχολικών βιβλίων στην θερμότητα-θερμοδυναμική πληρούν σε πολύ μικρό ποσοστό επιστημονικά-ενδοκλαδικά και παιδαγωγικά κριτήρια. Επιπλέον, η ποιοτική διερεύνηση σχετικά με τις αντιλήψεις και τις στρατηγικές των εκπαιδευτικών οδήγησε στο συμπέρασμα ότι χρησιμοποιούν το οπτικό περιεχόμενο, ή προτίθενται να το κάνουν, όταν θεωρούν ότι είναι χρήσιμο. Μια εικονιστική αναπαράσταση θεωρείται χρήσιμη όταν περιλαμβάνει απλά και ελκυστικά στοιχεία παρέχοντας σαφή νοήματα, με αποτέλεσμα να προάγει την κατανόηση και τη μάθηση.

ΘΕΜΑΤΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Εικονιστικές αναπαραστάσεις στη θερμότητα-θερμοδυναμική στα σχολικά εγχειρίδια επιστήμης.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: αξιολόγηση σχολικών βιβλίων, θερμότητα-θερμοδυναμική, εικονιστικές αναπαραστάσεις.

«Research of teaching-learning operation of pictorial representations in heat-thermodynamics in science school textbooks of secondary school»

ABSTRACT

The multimodal approach of information has been shown to contribute significantly to the teaching and learning of a subject. The school textbook, being a principal tool in the teaching-learning process, should serve its purpose in the best possible way. In this work all pictorial representations in heat-thermodynamics included in science school textbooks in secondary school were examined and evaluated according to scientific and pedagogical criteria. Then, for those considered excellent, annotation was made about their textual function, followed by suggestions about their teaching use. Finally, five experienced physics teachers in public Greek schools were asked about their opinion of the figurative part of the science school textbooks in the particular field of study. Findings show that the pictorial representations of school textbooks in heat-thermodynamics meet a very small percentage of scientific and pedagogical criteria. In addition, qualitative research into teachers' perceptions and strategies has led to the conclusion that they use visual content, or they intend to do so, when they consider it useful. A pictorial representation is considered useful when it includes simple and attractive elements providing clear meanings, thus promoting understanding and learning.

SUBJECT AREA: Pictorial representations in heat-thermodynamics in science school textbooks.

KEYWORDS: evaluating school textbooks, heat-thermodynamics, pictorial representations.

ΠΡΟΛΟΓΟΣ (ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ)

Η παρούσα διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του διαπανεπιστημιακού διατμηματικού μεταπτυχιακού προγράμματος σπουδών «Διδακτική της Χημείας και Νέες Εκπαιδευτικές Τεχνολογίες» (ΔιΧηNET), στο Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών, υπό την επίβλεψη του κυρίου Παναγιώτη Γιαννακουδάκη. Το αντικείμενο της εργασίας είναι η αξιολόγηση των εικονιστικών αναπαραστάσεων στην ενότητα Θερμότητα/Θερμοδυναμική στα σχολικά εγχειρίδια δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και στη διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία.

Η επιλογή του θέματος έγινε βάσει της πεποιθήσεως ότι λόγω της σχεδόν απόλυτης κυριαρχίας της εικόνας έναντι του λόγου στις μέρες μας, η καλλιέργεια του «οπτικού εγγραμματος» είναι επιτακτική ανάγκη.

Για τη διεκπεραίωση της παρούσας ερευνητικής εργασίας, θα ήθελα πρωτίστως να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή κύριο Παναγιώτη Γιαννακουδάκη για τη συνεργασία και την Δρ. Εκπαιδευτικής Τεχνολογίας κυρία Αλεξάνδρα Κουλουμπαρίτση, για την πολύτιμη καθοδήγηση και συμβολή στην ολοκλήρωσή της.

Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω τα μέλη της τριμελούς επιτροπής κύριο Γιαννακουδάκη Παναγιώτη, Μιρτάτ Μπουρουσιάν και Μεθενίτη Κωνσταντίνο που δέχτηκαν να αξιολογήσουν την παρούσα εργασία.

Τέλος, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους καθηγητές και τους συμφοιτητές μου στο μεταπτυχιακό πρόγραμμα, για τη συνεργασία μας και τη βοήθεια που μου προσέφεραν σε κάθε στάδιο της φοίτησής μου.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1 ^ο Κεφάλαιο: Εισαγωγή	7
2 ^ο Κεφάλαιο: Θεωρητικό Μέρος	9
2.1 Η σημασία των αναπαραστάσεων στη διδασκαλία και στη μάθηση	9
2.2 Η σημασία των αναπαραστάσεων στην επίλυση προβλημάτων	13
2.3 Η δυσκολία των μαθητών στην ερμηνεία των αναπαραστάσεων και οι παράγωγες παρανοήσεις	16
2.4 Οι ταξινομήσεις των εικόνων	18
2.5 Η χρήση των εικόνων στα σχολικά βιβλία των Φυσικών Επιστημών	21
2.6 Κριτήρια αξιολόγησης των εικόνων των σχολικών βιβλίων	23
2.7 Τα εργαλεία αξιολόγησης των εικόνων στην παρούσα έρευνα	25
2.8 «Θερμότητα - Θερμοδυναμική»	29
3 ^ο Κεφάλαιο: Μεθοδολογία Έρευνας	31
3.1 Το αντικείμενο της έρευνας	31
3.2 Η μέθοδος	32
3.3 Τα εργαλεία	33
3.4 Η ημι-δομημένη συνέντευξη	34
4 ^ο Κεφάλαιο: Ευρήματα	36
4.1 Αξιολόγηση του βιβλίου Φυσικής Β' Γυμνασίου	36
4.2 Αξιολόγηση του βιβλίου Φυσικής Προσανατολισμού Β' Λυκείου	91
4.3 Αξιολόγηση του βιβλίου Χημείας Προσανατολισμού Γ' Λυκείου	111
4.4 Διδακτική αξιολόγηση των επιστημονικά άρτιων αναπαραστάσεων	118
4.5 Απαντήσεις συνεντεύξεων	127
5 ^ο Κεφάλαιο: Συμπεράσματα – Προτάσεις	139
Επίλογος	148
Παράρτημα	149
Βιβλιογραφία	154

1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Φυσική, όπως και η Χημεία, είναι επιστήμες που τα φαινόμενά τους για να κατανοηθούν, χρειάζεται να οπτικοποιηθούν. Η γνώση της για τον φυσικό κόσμο έχει προέλθει από υποθέσεις που δημιουργήθηκαν από παρατηρούμενες συμπεριφορές και διαδικασίες. Η κατασκευή νοητικών αναπαραστάσεων έχει υπάρξει βασικό χαρακτηριστικό στην εξέλιξη της επιστήμης (Gilbert & Treagust, 2009). Ο Michael Faraday απεικόνισε φορτισμένα αντικείμενα και μαγνητικούς πόλους περιβαλλόμενα από δυναμικές γραμμές, ο Albert Einstein περιέγραψε τον τρόπο σκέψης του σαν ένα σύνθετο συνδυασμό οπτικών αναπαραστάσεων, ενώ ο Friedrich Kekulé λέγεται ότι ανακάλυψε την κυκλική δομή του βενζολίου με ένα ονειροπόλημα (Mathewson, 2005). Η καλλιέργεια του «οπτικού εγγραμματισμού» των μαθητών είναι επιτακτική ανάγκη στις μέρες μας, λόγω της σχεδόν απόλυτης κυριαρχίας της εικόνας έναντι του λόγου (Metallinos, 1993). Η εικονογράφηση των διδακτικών εγχειριδίων πρέπει, πρωτίστως, να συμβάλει στην προώθηση της γνωστικής, διδακτικής και μαθησιακής λειτουργίας (Ματσαγγούρας 2006,2009).

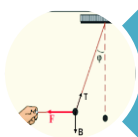
Μελετώντας τα βιβλία Φυσικής σε όλες τις τάξεις γυμνασίου και λυκείου, θεωρήσαμε ότι οι θεματικές ενότητες που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον ως προς το περιεχόμενο των εικονικών αναπαραστάσεων είναι: η Θερμότητα/Θερμοδυναμική, τα μηχανικά κύματα και οι δυνάμεις.



Θερμότητα/Θερμοδυναμική



Μηχανικά Κύματα



Δυνάμεις

Ωστόσο, θεωρήσαμε ότι η ενότητα της Θερμότητας/Θερμοδυναμικής έχει πιο πλούσιο υλικό και καλύτερη σύνδεση με τη Χημεία. Ενώ υπάρχει ήδη έρευνα στην περιοχή της Θερμότητας/Θερμοδυναμικής πάνω στην ανάλυση των εφαρμογών των επιστημονικών μοντέλων στα σχολικά εγχειρίδια (Ζησιού, 2014) , δεν έχει γίνει σχετική έρευνα στην εν λόγω περιοχή, που να μελετά τη λειτουργία των εικόνων και να προτείνει τη διδακτική τους αξιοποίηση.

Σημασία-συμβολή της παρούσας έρευνας-μελέτης

Η παρούσα μελέτη συμβάλλει πρωτίστως στη διδακτική της επιστήμης, μέσω βελτίωσης των αναλυτικών προγραμμάτων και των διδακτικών εγχειριδίων. Κατά συνέπεια η μελέτη αυτή θα είναι χρήσιμη αφενός της εκπαιδευτικούς, βοηθώντας τους να αλλάξουν και να εμπλουτίσουν της πρακτικές τους, να αναγνωρίζουν την αποτελεσματικότητα και τη βοηθητική λειτουργία (ή μη) μιας αναπαράστασης, ώστε να την συμπεριλαμβάνουν στην εκπαιδευτική διαδικασία, και αφετέρου θα είναι χρήσιμη και στους μαθητές, εφόσον συμπεριλαμβανομένων των εικονιστικών αναπαραστάσεων στην εκπαιδευτική διαδικασία, θα τους επιτραπεί κατανοήσουν την επιστήμη, παρά τον πολύπλοκο πολλές φορές μαθηματικό φορμαλισμό.

Στην παρούσα εργασία οι σκοποί και οι στόχοι είναι οι εξής:

α) Να εξετάσουμε, μέσα από βιβλιογραφική ανασκόπηση, το ρόλο που παίζει η οπτικοποίηση των φυσικών φαινομένων στη μάθηση, δηλαδή κατά πόσο τη διευκολύνει μέσω των αναπαραστάσεων.

Β) Να αξιολογήσουμε τις αναπαραστάσεις των διδακτικών εγχειριδίων της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στην εν λόγω ενότητα, με βάση επιστημονικά-ενδοκλαδικά και παιδαγωγικά κριτήρια.

Γ) Να καλλιεργήσουμε την αξιοποίηση των εικονιστικών αναπαραστάσεων στη διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία, με σκοπό τη διευκόλυνση της κατανόησης και της μάθησης.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

2.1 Η σημασία των αναπαραστάσεων στη διδασκαλία και στη μάθηση

Στο σύγχρονο κόσμο η μάθηση μέσω της ανάγνωσης και της γραφής κυριαρχεί στην εκπαίδευση. Ο μαθητής μελετά μια γραμμική ακολουθία λέξεων και νοημάτων τα οποία παρουσιάζονται με συγκεκριμένη σειρά χρονικά και εξυπηρετούν ικανοποιητικά το σκοπό τους. Ωστόσο, η οπτική επικοινωνία της πληροφορίας επιτρέπει στον αναγνώστη να σχηματίσει μια ολοκληρωμένη αντίληψη για το αντικείμενο μελέτης σε σύντομο χρόνο (Larkin & Simon, 1987). Επιπλέον, η αλληλεπίδραση με κατάλληλες αναπαραστάσεις φαίνεται να βελτιώνει τη μάθηση (Dufresne et al, 1997, Fredlund et al, 2012) και την απόδοση των μαθητών (Ainsworth, 2006). Για κάποιους μαθητές η οπτική στήριξη μπορεί να συμβάλλει στην εδραίωση της μάθησης, ενώ για άλλους ίσως αποτελεί το κλειδί για την πύλη της γνώσης. Η σχηματική απόδοση της πειράματος ή η κατασκευή ενός εννοιολογικού χάρτη εμπλέκουν την ίδια πληροφορία με διαφορετικό τρόπο θεώρησης. Η σημασία των αναπαραστάσεων στη μάθηση της Φυσικής όλο και περισσότερο προσελκύει το ενδιαφέρον των ερευνητών (Airey and Linder 2009, Fredlund et al, 2012,2015, Kohl & Finkelstein 2006, Kohl *et al* 2007, Podolefsky & Finkelstein 2006, Tang *et al* 2011, Van Heuvelen and Zou 2001).

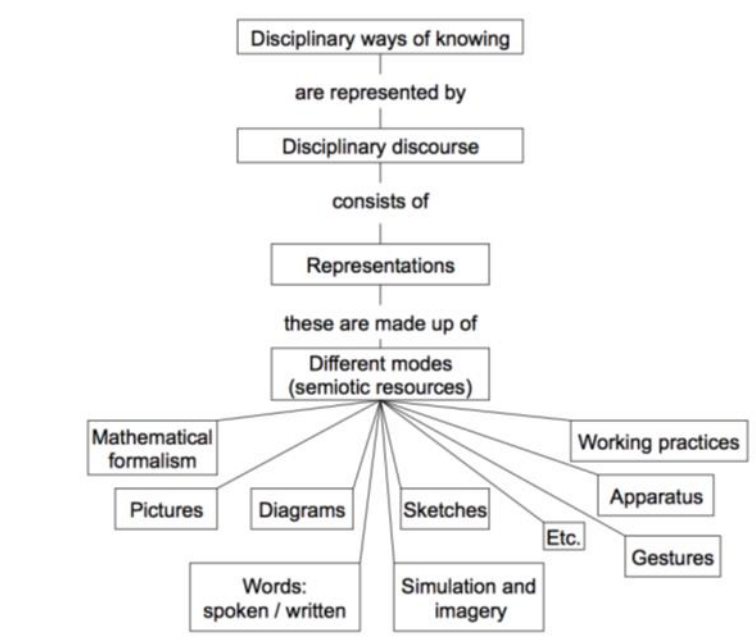
Δεδομένου ότι οι αίθουσες διδασκαλίας γίνονται όλο και πιο διαφοροποιημένες, πιο διεθνείς και πιο ετερογενείς αναφορικά με την προϋπάρχουσα γνώση, της ανάγκες και το ενδιαφέρον των μαθητών (Gabel,1999), καθίσταται αναγκαίο να εισαχθούν πολλαπλοί τρόποι έκφρασης για την κατάκτηση της επιστημονικής γνώσης. Ο Gardner (1989) τονίζει ότι υπάρχουν επτά ξεχωριστοί τύποι «ευφυΐας» που δεν περιορίζονται στην παραδοσιακή γλωσσολογική και λογικομαθηματική σκέψη και κατ' επέκταση δε μαθαίνουν όλοι οι μαθητές με τον ίδιο τρόπο. Σε αυτή την κοινωνία γίνεται «πλύση εγκεφάλου» ότι η νοημοσύνη είναι συνυφασμένη με την ικανότητα κάποιου να λύνει λογικά και γλωσσικά προβλήματα. Το όλο εκπαιδευτικό σύστημα εξακολουθεί να βασίζεται στη μελέτη λέξεων και αριθμών (Arnheim, 1969), ενώ έξω από το σχολείο η εικόνα διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο σε ποικίλες εκφάνσεις.

Ενώ στα πρώτα χρόνια της σχολικής φοίτησης τα παιδιά ενθαρρύνονται να παράγουν εικόνες, οι οποίες ωστόσο δεν υποβάλλονται σε λεπτομερή κριτική όπως το γραπτό κείμενο, στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση οι εικόνες εξαφανίζονται σε μεγάλο βαθμό, τόσο από τα κείμενα των παιδιών, όσο και από τα κείμενα που παράγονται για αυτά (Kress & Van Leeuwen, 1996). Ήδη από τις πρώτες τάξεις φοίτησης στην πρωτοβάθμια εκπαίδευση, οι αισθήσεις αρχίζουν να χάνουν την εκπαιδευτική τους ιδιότητα και οι μαθητές παύουν να μαθαίνουν μέσω της οπτικής γλώσσας (Arnheim, 1969). Επιπλέον, η οπτική έκφραση φαίνεται πια να είναι δευτερεύουσα και αντιμετωπίζεται ως τέτοια και από της μαθητές, εφόσον η ζωγραφική τους επιτρέπεται μόνο αφού ολοκληρώσουν τις γραπτές εργασίες τους, με αποτέλεσμα να δημιουργείται η εντύπωση ότι ο ρόλος της είναι διακοσμητικός και ψυχαγωγικός (Adoniou, 2012).

Τις τελευταίες δεκαετίες η αύξηση των πολυμεσικών περιβαλλόντων μάθησης έχει ενισχύσει της συζητήσεις για ένταξη πολλαπλών αναπαραστάσεων στη μαθησιακή διαδικασία, όπως κείμενα, διαγράμματα, γραφήματα, πίνακες, εξισώσεις, εικόνες, βίντεο και δυναμικές προσομοιώσεις (Ainsworth, 2006). Οι μαθητές είναι εξοικειωμένοι με την οπτική επικοινωνία από πολύ μικρή ηλικία, καθώς τα κινούμενα σχέδια και η τηλεόραση κατέχουν μια σημαντική θέση στα περισσότερα σπίτια, διαμορφώνοντας την αντίληψη των παιδιών και τον τρόπο σκέψης τους. Έτσι, έχοντας εκτεθεί από νωρίς σε περιβάλλοντα οπτικής επικοινωνίας, η σκέψη μέσω της οπτικής γλώσσας είναι γνώριμη στους μαθητές (Habraken, 1996). Αναδύεται έτσι η απαίτηση για νέα εργαλεία και στρατηγικές που θα είναι προσιτά για τους εκπαιδευτικούς στην τάξη και θα καλύπτουν τις σύνθετες εκπαιδευτικές ανάγκες ενός αυξανόμενου αριθμού παιδιών (Adoniou, 2012).

Σε έναν επιστημονικό κλάδο, όπως η Φυσική ή η Χημεία, η πληροφορία αναπαρίσταται πολυτροπικά με λέξεις, χειρονομίες, σύμβολα, διαγράμματα, σκίτσα, εικόνες, προσομοιώσεις, μαθηματικό φορμαλισμό κ.ο.κ. (Linder, 2013). Η σχέση μεταξύ αυτών είναι συμπληρωματική, όπως φαίνεται και παρακάτω. Οι αναπαραστάσεις είναι αντικείμενα που εκφράζουν μια ιδέα ή έννοια και μπορούν να λάβουν τη μορφή αναλογιών, μοντέλων, λεκτικών εξηγήσεων, σχημάτων, διαγραμμάτων (Tang et al, 2014). Κάθε τύπος αναπαράστασης προσφέρει με διαφορετικό τρόπο στο ίδιο θέμα, επομένως η χρησιμοποίηση διαφορετικών τύπων αναπαράστασης είναι ωφέλιμη στη διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία (Fredlund et al,

2014, Gilbert & Osborne, 1980). Οι «πολυτροπικές αναπαραστάσεις» ενσωματώνουν διαφορετικούς τύπους αναπαραστάσεων, όπως λέξεις, απεικονίσεις, σύμβολα για να βελτιώσουν την κατανόηση και τη μάθηση (Kress, 2001). Η πολυτροπική προσέγγιση στη διδασκαλία και τη μάθηση φαίνεται να είναι δύσκολη, αλλά παράλληλα και απαραίτητη ώστε να καταρτιστεί μια ολοκληρωμένη επιστημονική κατανόηση (Tang et al, 2011).



Η σχέση μεταξύ διαφορετικών τρόπων αναπαράστασης (Linder, 2013)

Η έρευνα έχει δείξει ότι τα μοντέλα (εικονιστικά, αναλογικά, μαθηματικά, θεωρητικά) στη διδασκαλία κινούν το ενδιαφέρον των μαθητών (Gilbert & Treagust, 2009) και βοηθούν της αδύναμους αναγνώστες να κατανοήσουν καλύτερα το λεκτικό κείμενο (Kelly Watkins et al, 2004). Δημιουργούν μια γέφυρα ανάμεσα στις λεκτικές και τις μαθηματικές αναπαραστάσεις και επιτρέπουν στους μαθητές να κινούνται με μικρότερα και ευκολότερα βήματα από λέξεις σε εξισώσεις (Podolefsky & Finkelstein, 2006, Van Heuvelen & Zou, 2001). Επιπλέον, ενσωματώνουν μεγάλη ποσότητα πληροφορίας και μετατρέπουν ‘χίλιες λέξεις’ σε μια πιο αποτελεσματική μορφή πληροφοριών (Gkitzia et al, 2011, Larkin & Simon, 1987). Μια αναπαράσταση αναδεικνύει τις βασικές πληροφορίες, αφαιρεί επιπλέον λεπτομέρειες που δυσκολεύουν την κατανόηση, απεικονίζει περίπλοκες διαδικασίες ή αφηρημένες έννοιες (Van Heuvelen, 1991), αλλά και μη παρατηρήσιμα φαινόμενα της επιστήμης, π.χ τα άτομα και τα μόρια (Harrison, 2001). Η ενίσχυση της διδασκαλίας μέσω

οπτικής στήριξης είναι γνωστή από την αρχαιότητα, με τον Σωκράτη να σχεδιάζει μοντέλα στην άμμο στο διάλογό του με τον Μένωνα (Mathewson, 2005).

Βέβαια, η παρουσία των αναπαραστάσεων δεν προάγει πάντα την κατανόηση. Για να επωφεληθεί ο μαθητής, θα πρέπει να έχει της αντίστοιχες δεξιότητες ερμηνείας του κώδικα (Pinto & Ametller, 2002). Ένα διάγραμμα μπορεί να είναι ανώτερο από μια λεκτική περιγραφή και να παρέχει εύκολα συμπεράσματα, τα οποία είναι χρήσιμα μόνο για όσους γνωρίζουν πώς να το διαβάσουν (Larkin & Simon, 1987). Σύμφωνα με τους Kelly Watkins και συν. (2004), η ερμηνεία που έδωσαν οι σπουδαστές για μια απεικόνιση και τα συμπεράσματα που εξήγαγαν ήταν συχνότερα λανθασμένα παρά σωστά. Προκύπτει ότι η εσφαλμένη χρήση των αναπαραστάσεων μπορεί να μην έχει θετικό αντίκτυπο στην μάθηση και την κατανόηση (Kohl et al, 2007). Πολλοί ερευνητές υποστηρίζουν ότι η δεξιότητα αυτή μπορεί να διδαχθεί (Kelly Watkins et al 2004, Kohl et al, 2007, Larkin 1985, Lemke, 1998) .

Η εκπαίδευση δεν μπορεί να δώσει στις αναπαραστάσεις μια σημαντική θέση στο πρόγραμμα σπουδών, αν δεν γίνει αντιληπτό το πόσο ισχυρό μέσο είναι για την ενίσχυση της αντίληψης και της παραγωγικής σκέψης (Arnheim, 1969). Ένας σημαντικός στόχος της εκπαίδευσης της επιστήμης είναι να βοηθήσει τους μαθητές να κατασκευάζουν διαφορετικού τύπου αναπαραστάσεις και να μπορούν να μεταφέρονται εύκολα μεταξύ αυτών (Van Heuvelen & Zou, 2001). Χωρίς αυτή την ικανότητα οι μαθητές βρίσκουν μεγάλη δυσκολία σε σύνθετες διαδικασίες (Gilbert, 2005). Ο Gardner (2011) υποστηρίζει ότι *“Η γνήσια κατανόηση είναι πιθανόν να προκύψει ... εάν οι άνθρωποι διαθέτουν διάφορους τρόπους να αναπαριστούν τη γνώση μιας έννοιας και μπορούν εύκολα να μετακινούνται μεταξύ αυτών των τύπων γνώσης”*. Συχνά παρατηρείται το φαινόμενο μαθητών που ανταποκρίνονται εύκολα σε μια αλγοριθμική ερώτηση σχετικά με μια έννοια, αλλά δυσκολεύονται να απαντήσουν σε μια σχετική εννοιολογική ερώτηση (Nakleh, 1993). Η οπτική γλώσσα θα πρέπει να διδάσκεται στους μαθητές στο σχολείο και οι εκπαιδευτικοί πρέπει να αφιερώσουν χρόνο και προσπάθεια να μιλήσουν με τους μαθητές σχετικά με την έννοια των εικόνων και τις λανθασμένες έννοιες που μπορούν να μεταφέρουν (Pinto & Ametller, 2002).

2.2 Η σημασία των αναπαραστάσεων στην επίλυση προβλημάτων

Έρευνες δείχνουν ότι οι αναπαραστάσεις διευκολύνουν την επίλυση προβλημάτων επιστημονικού περιεχομένου (Dufresne et al, 1997, Fredlund et al, 2014, Kohl et al, 2007, Lemke, 1998). Μάλιστα, η υπόθεση του Αριστοτέλη στην μοντέρνα ρητορική είναι ότι η δεξιότητα επίλυσης προβλημάτων δεν είναι ένα μυστικό αγαθό, το οποίο μπορεί να είναι μόνο έμφυτο χαρακτηριστικό, αλλά αντιθέτως μπορεί να αναλυθεί, να γνωστοποιηθεί και να διδαχθεί (Larkin, 1985). Η κατανόηση ενός προβλήματος συνδέεται άμεσα με την κατασκευή μιας εικονικής αναπαράστασης, η οποία εξασφαλίζει την εύκολη ανάδυση της επιστημονικής γνώσης, αφού δημιουργηθεί. Η κατασκευή μιας επαρκούς αναπαράστασης ενός προβλήματος συνεπάγεται ένα καλό επίπεδο κατανόησης, ενώ μια ελλιπής ή προβληματική αναπαράσταση συνεπάγεται ανεπαρκή κατανόηση. Η φυσική γλώσσα της επιστήμης είναι μια συνεργατική ενσωμάτωση λέξεων, διαγραμμάτων, εικόνων, γραφημάτων, χαρτών, εξισώσεων, πινάκων και άλλων μορφών οπτικών και μαθηματικών εκφράσεων και έτσι καθίσταται δυνατόν να λυθούν προβλήματα, που διαφορετικά θα παρέμεναν άλυτα (Lemke, 1998). Κάθε τύπος αναπαράστασης συνεισφέρει διαφορετικά στο πρόβλημα και η ανάλυση ενός προβλήματος με πολλαπλούς τρόπους ενισχύει την κατανόηση και αυξάνει της πιθανότητες επίλυσής του.

Οι μαθητές δεν μπορούν να χρησιμοποιήσουν τις αναπαραστάσεις, αν δεν τις κατανοήσουν. Ένας τρόπος να βοηθήσουμε τους μαθητές να εξοικειωθούν και να εκτιμήσουν την αξία των πολλαπλών αναπαραστάσεων, είναι να τους ωθήσουμε να επιλύουν προβλήματα χρησιμοποιώντας διαφορετικούς τύπους αναπαραστάσεων (Dufresne, 1997, Van Heuvelen, 1991). Η συμμετοχή των μαθητών σε δραστηριότητες που απαιτούν ρητά από αυτούς να επιλύουν προβλήματα χρησιμοποιώντας μια ποικιλία αναπαραστάσεων είναι ένας πρακτικός τρόπος για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος. Οι Kohl και συν. (2007) κατέληξαν ότι οι μαθητές επωφελούνται από τη χρήση των πολλαπλών αναπαραστάσεων στην επίλυση προβλημάτων, είτε έχουν διδαχθεί συγκεκριμένες τεχνικές διαδικασίες, είτε όχι. Για την ακρίβεια, οι επιδόσεις τους ξεπερνούν σημαντικά τις επιδόσεις εκείνων που δεν χρησιμοποιούν πολλαπλές αναπαραστάσεις.

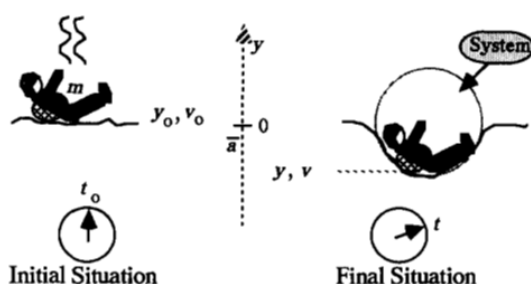
Ένας έμπειρος φυσικός βασίζεται στην ποιοτική ανάλυση και αναπαράσταση ενός προβλήματος για να κατανοήσει και να λύσει ένα πρόβλημα, ενώ οι μαθητές

περιορίζονται στον καθορισμό της τιμής ενός αγνώστου μεγέθους, χρησιμοποιώντας μαθηματικές εξισώσεις. Η επίλυση του προβλήματος κρύβεται σε μια σειρά από αναπαράστασεις, με τον υπολογισμό της άγνωστης μεταβλητής να αποτελεί ένα πολύ μικρό μέρος της λύσης. Αρχικά ένα πρόβλημα περιγράφεται με λέξεις (λεκτική αναπαράσταση). Στη συνέχεια, ένα σκίτσο ή μια εικόνα, που ονομάζεται οπτική αναπαράσταση, χρησιμοποιείται για να απεικονίσει τη διαδικασία. Αυτό ακολουθείται από μια φυσική αναπαράσταση που περιλαμβάνει περισσότερες φυσικές ποσότητες και περιγραφές όπως διαγράμματα, σύμβολα και γραφήματα. Τέλος, η διαδικασία εκφράζεται μαθηματικά χρησιμοποιώντας βασικές αρχές Φυσικής (Van Heuvelen & Zou, 2001).

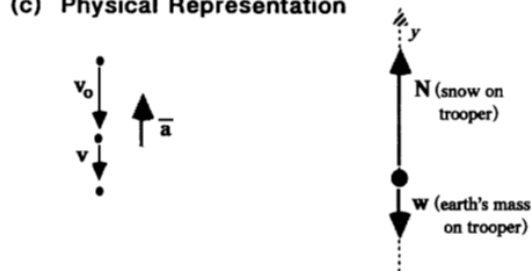
(a) Words

A parachutist whose parachute did not open landed in a snow bank and stopped after sinking 1.0 m into the snow. Just before hitting the snow, the person was falling at a speed of 54 m/s. Determine the average force of the snow on the 80-kg person while sinking into the snow.

(b) Pictorial Representation



(c) Physical Representation



(d) Math Representation

$$2\bar{a}(y - y_0) = v^2 - v_0^2$$

$$\sum F_y = N - w = m \bar{a}$$

Οι πολλαπλές αναπαράστασεις για την επίλυση ενός προβλήματος (Van Heuvelen, 1991)

Είναι φανερό ότι οι διαφορετικές αναπαραστάσεις ενός προβλήματος συμβάλλουν σημαντικά, με διαφορετικό τρόπο η καθεμία, στην επίλυσή του. Σύμφωνα με τον Αριστοτέλη, η σκέψη είναι αδύνατη χωρίς εικόνα και έτσι, το μολύβι είναι απαραίτητο εργαλείο στην επίλυση προβλημάτων και την κατανόηση της επιστήμης (Habraken, 1996). Συχνά οι διδάσκοντες τονίζουν στην εκπαιδευτική διαδικασία, ότι η λύση ενός προβλήματος κρύβεται στο σχήμα και πώς αν οι μαθητές δεν διατίθενται να προσπαθήσουν να σχεδιάσουν τη διαδικασία, θα έχουν ελλιπή στοιχεία.

Οι μαθητές πρέπει να εμπλουτίσουν τις αναπαραστατικές τους δεξιότητες με διάφορους τρόπους. Αυτό θα γίνει, αν αφενός οι μαθητές προκληθούν να χρησιμοποιούν πολλαπλούς τρόπους αναπαράστασης στη μελέτη τους και αφετέρου, αν οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν πολλαπλές οδούς για να διδάξουν και να εξηγήσουν το γνωστικό αντικείμενο (Hogan et al, 2003).

2.3 Η δυσκολία των μαθητών στην ερμηνεία των αναπαραστάσεων και οι παράγωγες παρανοήσεις

Οι καθηγητές πολλές φορές υποθέτουν ότι οι μαθητές μπορούν εύκολα να κατανοήσουν μια αναπαράσταση επειδή οι ίδιοι έχουν τη δυνατότητα να το κάνουν (Gkitzia et al, 2011). Σύμφωνα με τους Fredlund και συν. (2015), παρόλο που κάποιες αναπαραστάσεις στη Φυσική μοιάζουν να είναι απλοϊκές στους εκπαιδευτικούς, οι μαθητές δυσκολεύονται να τις κατανοήσουν. Κατά συνέπεια, η αποκρυπτογράφηση των πληροφοριών που εμπεριέχονται σε μια εικονιστική αναπαράσταση φαίνεται να μην είναι απλή διαδικασία για τους μαθητές (Ainsworth, 2006) και είναι ζωτικής σημασίας για την επίτευξη μιας ολοκληρωμένης πρόσβασης στην επιστημονική γνώση (Fredlund et al, 2014). Συχνά οι μαθητές έρχονται αντιμέτωποι με επιστημονικές αναπαραστάσεις που δυσκολεύονται να ερμηνεύσουν και δημιουργούνται παρανοήσεις, για την εννοιολογική αλλαγή των οποίων απαιτείται μεγάλο χρονικό διάστημα (Volkman, 2004). Οι αναπαραστάσεις αυτές μπορεί να περιλαμβάνουν ρεαλιστικά, αλλά και μη ρεαλιστικά στοιχεία, αλλά και σχέσεις μεταξύ αυτών. Η πολυσημία ή/και ομοιότητα στοιχείων ή συμβόλων που εμφανίζονται σε αναπαραστάσεις (πχ βέλη-διανύσματα) οδηγούν σε παρανοήσεις (Pinto & Ametller, 2002).

Επιπλέον, η έρευνα δείχνει ότι οι μαθητές συχνά βλέπουν μια εικόνα και βασίζονται στη δική της προϋπάρχουσα εμπειρικο-βιωματική γνώση για να την εξηγήσουν, με αποτέλεσμα να καταλήγουν σε λανθασμένα συμπεράσματα (Kelly Watkins et al, 2004). Φαίνεται ότι αυτή η στρατηγική τους βοηθά να ανταπεξέλθουν σε αναπαραστάσεις που δεν περιλαμβάνουν τις απαραίτητες πληροφορίες για την ορθή ερμηνεία τους ή/και περιλαμβάνουν στοιχεία που είναι φορτωμένα με επιπλέον έννοιες (Pinto & Ametller, 2002).

Για τους λόγους αυτούς, προτείνεται οι εκπαιδευτικοί να επιδεικνύουν ιδιαίτερη προσοχή στις εικονιστικές αναπαραστάσεις που επιλέγουν να χρησιμοποιήσουν στη διδακτική διαδικασία. Θα πρέπει να διερωτώνται τι συμπεράσματα προσδοκούν να μπορούν να εξάγουν οι μαθητές, όταν τους δοθεί μια πιθανή απεικόνιση σε συγκεκριμένο πλαίσιο μάθησης, και κατά πόσο έχουν αντιληφθεί τις σχετικές πληροφορίες που απαιτούνται για να την επεξεργαστούν (Fredlund et al, 2014). Η επιλογή των κατάλληλων αναπαραστάσεων σε συνδυασμό με τη συχνή χρήση τους

διδασκτικά, αποτελούν το κλειδί για την καλλιέργεια του οπτικού εγγραμματοτισμού (Kohl et al 2006, 2007). Επιπλέον, το πρόγραμμα σπουδών θα πρέπει να καθιστά την παρατήρηση και την οπτική σκέψη ως σαφή στόχο (Mathewson, 2012). Η οπτική απεικόνιση μπορεί να αποτελέσει μια σημαντική γέφυρα μεταξύ εγγραμματοτισμού και επιτυχούς ακαδημαϊκής εργασίας και αυτό την καθιστά αναγκαία, με ενεργό ρόλο, στο εκπαιδευτικό υλικό και όχι ως διακοσμητικό συμπλήρωμα (Adoniou, 2012). Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι ζητείται από τους μαθητές να αποκτήσουν και να αναπαράγουν επιστημονικές γνώσεις μέσα σε διάστημα μερικών εβδομάδων, για τις οποίες η ιστορία της επιστήμης χρειάστηκε δεκαετίες για να ανακαλύψει (Lemke, 1998). Γι' αυτό θα πρέπει να παρουσιάζεται με τον πλέον σαφή και ολιστικό δυνατό τρόπο.

Σύμφωνα με έρευνα των Fredlund και συν. (2015) υπάρχουν τρεις παράγοντες που μπορούν να ενισχύσουν τις πιθανότητες εκμάθησης της επιστήμης με τη χρήση αναπαραστάσεων: η αναγνώριση των σχετικών πτυχών, η επιλογή των κατάλληλων αναπαραστάσεων και δημιουργία διαφοροποίησης. Πιο συγκεκριμένα, κάθε πρόβλημα ή αναπαράσταση παρουσιάζει διάφορες υπό εξέταση πτυχές. Για ένα αυτοκίνητο, αυτές οι πτυχές θα μπορούσαν να είναι η δύναμή του, το βάρος του, η ανώτατη ταχύτητά του, ο μέγιστος αριθμός επιβατών του, κα. Ωστόσο για την ασφαλή μεταφορά ενός συνόλου επιβατών, ο παράγοντας στον οποίο θα πρέπει να εστιάσει κάποιος είναι ο μέγιστος αριθμός επιβατών που μπορεί να μεταφέρει. Άρα, κάθε πτυχή ενός θέματος εξυπηρετεί διαφορετικό σκοπό. Ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να είναι σε θέση να επιλέγει τις αναπαραστάσεις εκείνες που κάνουν σαφή την πτυχή του θέματος που πρόκειται να εξετασθεί και περιλαμβάνει όσο το δυνατόν λιγότερες πτυχές, τουλάχιστον σε αρχικό στάδιο.

2.4 Οι ταξινομήσεις των εικόνων

Τα σχολικά εγχειρίδια αποτελούν βασικό στοιχείο στη μαθησιακή διαδικασία, τόσο ως μέσο διδακτικής καθοδήγησης για τον δάσκαλο όσο και ως αξιόπιστη πηγή του γνωστικού αντικειμένου για το μαθητή (Κουλαϊδής και συν., 2002). Σύμφωνα με τον Bernstein (1975), η επιστημονική γνώση που μεταφέρεται στα σχολικά εγχειρίδια επηρεάζεται από τις κοινωνικές αρχές, υφιστάμενη μια αναπλαισίωση. Για να διερευνήσει περαιτέρω αυτή την αναπλαισίωση της επιστημονικής γνώσης, ο Bernstein χρησιμοποιεί την έννοια της ταξινόμησης, η οποία μπορεί να είναι είτε ισχυρή είτε ασθενής, αναλόγως με το πόσο αυστηρά είναι τα σύνορα μεταξύ των περιεχομένων ενός γνωστικού αντικειμένου. Πιο συγκεκριμένα, όταν η ταξινόμηση είναι ισχυρή, τα σύνορα μεταξύ των περιεχομένων είναι ισχυρά, ενώ όταν η ταξινόμηση είναι ασθενής, τα σύνορα μεταξύ των περιεχομένων είναι ασθενή και θολά (Bernstein, 1975). Τα σύνορα αυτά μπορούν να σχετίζονται είτε με τη διάκριση μεταξύ των γνωστικών αντικειμένων, είτε με τη διάκριση στην προέλευση της εκπαιδευτικής γνώσης, όσον αφορά στο βαθμό συσχέτισης με την καθημερινή βιωματική γνώση.

Μια άλλη βάση ταξινόμησης αποτελεί για της Kress και Van Leeuwen (1996) η οπτική δομή μιας απεικόνισης. Στηριζόμενοι σε αυτό το κριτήριο κατηγοριοποίησαν τις εικονιστικές αναπαραστάσεις σε αφηγηματικές και εννοιολογικές, ενώ οι εννοιολογικές διακρίνονται σε ταξινομητικές, αναλυτικές και συμβολικές. Ως αφηγηματικές χαρακτηρίζονται οι απεικονίσεις στις οποίες εμφανίζονται διαδικασίες αλλαγής, γεγονότα σε εξέλιξη καθώς και μεταβατικές χωρικές διατάξεις. Χαρακτηριστικό γνώρισμα μιας αφηγηματικής απεικόνισης είναι η ύπαρξη κάποιου βέλους μεταξύ των συμμετεχόντων στοιχείων της, υποδηλώνοντας κάποια εξελισσόμενη διαδικασία. Οι εννοιολογικές απεικονίσεις αναπαριστούν πιο γενικευμένα νοήματα και διαχωρίζονται σε ταξινομητικές, αναλυτικές και συμβολικές. Ως ταξινομητικές χαρακτηρίζονται οι απεικονίσεις στις οποίες τα συμμετέχοντα στοιχεία παρουσιάζουν κάποια ιεραρχική συσχέτιση. Έτσι, αν τα στοιχεία εμπίπτουν στην ίδια κατηγορία υπάρχει συμμετρική σύνθεση, ενώ σε διαφορετική περίπτωση παρουσιάζονται προϊστάμενες και υφιστάμενες έννοιες σε δένδροειδές διάγραμμα με κάθετη κατεύθυνση. Οι αναλυτικές απεικονίσεις περιλαμβάνουν δύο κατηγορίες στοιχείων, το σύνολο μιας έννοιας και τα επί μέρους χαρακτηριστικά, τα οποία συνήθως συνοδεύονται από ετικέτες που τα

χαρακτηρίζουν. Στις συμβολικές απεικονίσεις συγκαταλέγονται εκείνες στις οποίες εξετάζεται τι είναι ή τι εκπροσωπεί το συμμετέχον στοιχείο. Συνήθως στα διδακτικά εγχειρίδια οι απεικονίσεις αυτές είναι φιγούρες επιστημόνων που υπαγορεύουν το κύρος της επιστήμης και συμβολικές αξίες. Στο έργο τους οι Kress και Van Leeuwen (1996) εξετάζουν και την ιδιότητα της τυπικότητας (χαμηλή, μέση, υψηλή) στον κώδικα εικονογράφησης, η οποία σχετίζεται με την ποικιλία και τις διαβαθμίσεις των χρωμάτων που χρησιμοποιούνται σε μια απεικόνιση, την ύπαρξη και οπτική απόδοση του φόντου και τέλος την ύπαρξη των κωδικοποιημένων επιστημονικών στοιχείων. Τα κωδικοποιημένα στοιχεία της επιστήμης μπορεί να είναι γράμματα, αριθμοί και σχήματα και όσο περισσότερο εμφανίζονται σε μια απεικόνιση, τόσο υψηλότερη είναι η τυπικότητά της. Αναφορικά με τη χρήση των χρωμάτων, όσο πιο μονότονη είναι μια απεικόνιση, τόσο υψηλότερη είναι η τυπικότητά της. Επιπλέον, όσο πλησιάζει η απόδοση του φόντου στην ρεαλιστική του εικόνα, τόσο χαμηλότερη είναι η τυπικότητα.

Μια επιπλέον κατηγοριοποίηση γίνεται με κριτήριο το βαθμό συμφωνίας με την ανθρώπινη οπτική αντίληψη (Κουλαϊδής και συν., 2002). Βάσει αυτής, οι εικόνες των σχολικών εγχειριδίων διακρίνονται σε ρεαλιστικές, συμβατικές και απεικονίσεις-υβρίδια. Ρεαλιστικές απεικονίσεις είναι εκείνες που συμφωνούν απόλυτα με την ανθρώπινη οπτική αντίληψη και εκφράζονται μέσω απλών φωτογραφιών και σκίτσων που οπτικοποιούν πραγματικές καταστάσεις ή αντικείμενα. Ως συμβατικές απεικονίσεις χαρακτηρίζονται εκείνες που περιέχουν κωδικοποιημένα μηνύματα της επιστημονικής πραγματικότητας και συναντώνται σε διαγράμματα, ραβδογράμματα, ηλεκτρομαγνητικά πεδία, κυκλώματα, κ.λπ. Οι απεικονίσεις-υβρίδια συντίθενται με έναν συνδυασμό από ρεαλιστικά και συμβατικά στοιχεία, που δρουν συμπληρωματικά και συνδυάζουν την πρακτικο-βιωματική γνώση με τη μαθηματική έκφραση.

Τέλος, ένα ακόμα χαρακτηριστικό που εξετάζεται στην εικονογράφηση είναι κατά τους Kress και Van Leeuwen (1996) η έννοια της περιχάραξης, η οποία καθορίζει σημαντικά την επίδραση μιας απεικόνισης σε μαθησιακό επίπεδο. Στα πλαίσια της έννοιας της περιχάραξης πραγματεύονται το ύψος από το οποίο φωτογραφίζεται μια κατάσταση σε κατακόρυφη γωνία λήψης και η απόσταση σε συνδυασμό με τη γωνία σε οριζόντια λήψη. Μπορεί να χαρακτηριστεί ως ισχυρή, μέτρια ή χαλαρή. Σε κατακόρυφες λήψεις όσο χαμηλότερα γίνεται η λήψη τόσο αυξάνεται η περιχάραξη

και κατά συνέπεια σε μια λήψη από χαμηλά έχουμε ισχυρή περιχάραξη, σε μια λήψη από το επίπεδο του ματιού έχουμε μέτρια περιχάραξη, ενώ σε μια λήψη από ψηλά έχουμε χαλαρή περιχάραξη. Σε οριζόντιες λήψεις εξετάζεται αφενός η απόσταση της λήψης και αφετέρου η γωνία, δηλαδή αν είναι λήψη από μπροστά ή από το πλάι. Σε λήψεις από μπροστά με κοντινή ή μέτρια απόσταση η περιχάραξη θεωρείται χαλαρή με έντονη εμπλοκή του αναγνώστη, σε λήψεις από μπροστά με μακρινές αποστάσεις ή πλάγιες με κοντινές αποστάσεις η περιχάραξη θεωρείται μέτρια, ενώ για λήψεις από το πλάι με μακρινές ή μέτριες αποστάσεις η περιχάραξη θεωρείται ισχυρή.

Η ανάλυση της εικονογράφησης γίνεται, όπως προκύπτει, βάσει του επιστημονικού περιεχομένου με την έννοια της ταξινόμησης, βάσει του απεικονιστικού κώδικα με την έννοια της τυπικότητας και βάσει του ελέγχου που δημιουργούν στον αναγνώστη.

2.5 Η χρήση των εικόνων στα σχολικά βιβλία των Φυσικών Επιστημών

Για πολλά χρόνια κάθε έντυπη μορφή πληροφορίας χαρακτηριζόταν από ομοιόμορφες πυκνογραμμένες σελίδες, χωρίς εικονογράφηση, ανεξαρτήτως ύφους και περιεχομένου (Kress & Van Leeuwen, 2001). Η γλώσσα θεωρούνταν ως το κεντρικό και μοναδικό μέσο αναπαράστασης και επικοινωνίας. Σταδιακά η έλευση της ψηφιοποίησης προσέδωσε ενεργό ρόλο και στην οπτικοακουστική έκφραση. Βέβαια για αρκετά χρόνια υπήρξε αρκετά οριοθετημένη.

Παράλληλα, με την αυξανόμενη δημοτικότητα της επιστήμης, εμφανίστηκε η ανάγκη για εισαγωγικά βιβλία επιστήμης, εύκολα αναγνώσιμα, με απεικονίσεις που να προσελκύουν το ενδιαφέρον των μαθητών (Badilescu, 2001). Η αναγκαιότητα των πειραμάτων στην εκμάθηση της επιστήμης είναι γνωστή από τον 19^ο αιώνα, όταν χρησιμοποιήθηκαν μέσω αναπαραστάσεων για να διευκολύνουν την εκπαίδευση της Χημείας. Σύμφωνα με την Phelps (1856), είναι επιθυμητό οι καθηγητές να έχουν τη δυνατότητα να κάνουν κάποια πειράματα, αλλά κάποιες φορές δεν υπάρχει ούτε ο χώρος ούτε ο χρόνος για πειράματα. Έτσι, έγινε μια προσπάθεια αντιστάθμισης της ανάγκης των πειραμάτων, όσο είναι δυνατόν, με ανάλογες αναπαραστάσεις. Συγκεκριμένα, αναφέρει:

“Τα σχολικά βιβλία θα πρέπει να μπορούν εύκολα να διδαχθούν και να μελετηθούν. Για να είναι ένα σχολικό βιβλίο ευχάριστο για τον δάσκαλο και κερδοφόρο για τον εκπαιδευόμενο, τρία πράγματα είναι απαραίτητα: 1. Μια σαφής και μεθοδική διάταξη των θεμάτων, 2. Σαφήνεια στη γλώσσα, 3. Ευχάριστο ύφος και ενδιαφέρουσες εικονογραφήσεις.” (Phelps, 1856).

Τα βιβλία είναι βασικά εργαλεία στην εκπαίδευση, τα οποία διατίθενται σε όλους τους μαθητές, και δεν εξαρτώνται από την υλικοτεχνική υποδομή του σχολείου, την κατάρτιση των εκπαιδευτικών κλπ (Gkitzia, 2011). Η εικόνα που παρουσιάζουν για την επιστήμη, είναι εκείνη που τελικά αποτυπώνεται και διαμορφώνει την αντίληψη των μαθητών. Υπάρχουν στοιχεία που υποστηρίζουν την αύξηση των οπτικών αναπαραστάσεων στα επιστημονικά σχολικά βιβλία, η οποία δεν έρχεται σε βάρος του λεκτικού κειμένου (Lee, 2010). Πιο συγκεκριμένα, οι εικονιστικές αναπαραστάσεις στα επιστημονικά βιβλία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης στις Ηνωμένες Πολιτείες διπλασιάστηκαν μέσα σε μερικές δεκαετίες και εικόνες υψηλής ποιότητας αντικαθιστούν σχηματικές ή επεξηγηματικές εικόνες με στόχο την

προώθηση της εξοικείωσης με τους μαθητές. Όμως, παρόλο που έχει γίνει εκτεταμένη έρευνα σχετική με τη συνεισφορά τους στη διδασκαλία και τη μάθηση, πολλές σειρές σχολικών βιβλίων περιλαμβάνουν αναπαραστάσεις που θα μπορούσαν να μπερδέψουν τους μαθητές και να δημιουργήσουν ποικίλες παρανοήσεις (Stern & Roseman, 2004). Για την ακρίβεια, στην αξιολόγηση των επιστημονικών βιβλίων στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση από τους Stern & Roseman (2004) βρέθηκε ότι κανένα από τα εξεταζόμενα υλικά δεν αντιπροσωπεύει τις βασικές έννοιες επαρκώς. Σε αξιολόγηση των διδακτικών επιστημονικών βιβλίων του Ηνωμένου Βασιλείου, παρατηρήθηκε μια αξιοσημείωτη εστίαση σε πραγματικά στοιχεία σε εκπαιδευτικό υλικό για ηλικίες 12-15 ετών, ενώ για τις ηλικίες 16-18 τα αντικείμενα του πραγματικού κόσμου συνδυάζονται με άλλα στοιχεία, γεγονός που δημιουργεί σημαντικές δυσκολίες (Pinto & Ametller, 2002).

Σε ανάλογη έρευνα για την αξιολόγηση των επιστημονικών βιβλίων στην Ελλάδα από τους Hatzinikita και συν. (2008) βρέθηκε ότι τα ελληνικά σχολικά εγχειρίδια παρουσιάζουν την επιστημονική πληροφορία με αρκετά ακαδημαϊκό τρόπο και αυτό δημιουργεί την υπόθεση ότι οι μαθητές δεν αποκτούν τις βασικές γνώσεις και δεξιότητες ολοκληρώνοντας την υποχρεωτική εκπαίδευση. Τα σχολικά επιστημονικά βιβλία γυμνασίου που διδάχθηκαν στην Ελλάδα κατά την περίοδο 1997-2006 αναλύθηκαν τόσο για τη γλωσσική όσο και για την οπτική τους λειτουργία. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι τα ελληνικά σχολικά βιβλία επικεντρώνονται κυρίως στο εξειδικευμένο επιστημονικό περιεχόμενο και πολύ λιγότερο στην επιστημονική μέθοδο, γεγονός που δε βοηθά τους μελλοντικούς πολίτες να αντιμετωπίσουν τις τρέχουσες προκλήσεις στην καθημερινή ζωή.

Επιπλέον, σε πρόσφατη έρευνα σχετικά με το απεικονιστικό μέρος των διδακτικών εγχειριδίων Φυσικών Επιστημών σε πρωτοβάθμια και δευτεροβάθμια εκπαίδευση (Κουλαϊδής και συν., 2002) βρέθηκε ότι:

- Το μεγαλύτερο μέρος των απεικονίσεων είναι ρεαλιστικές και αναλυτικές.
- Η επιστημονική εξειδίκευση αυξάνει όσο ανεβαίνει η εκπαιδευτική βαθμίδα και είναι μεγαλύτερη σε εγχειρίδια Φυσικής και Χημείας.
- Η τυπικότητα είναι της ανάλογη με την εκπαιδευτική βαθμίδα.
- Η περιχάραξη είναι πιο ισχυρή στα εγχειρίδια Φυσικής.

2.6 Κριτήρια αξιολόγησης των εικόνων των σχολικών βιβλίων

Οι αναπαραστάσεις που περιλαμβάνονται στα σχολικά εγχειρίδια θα πρέπει να πληρούν κάποιες προδιαγραφές, ώστε να ενισχύουν την επίτευξη των μαθησιακών στόχων και να αποφεύγουν τη δημιουργία δυσκολιών και παρανοήσεων. Ένα κριτήριο με βάση το οποίο αξιολογούνται οι αναπαραστάσεις είναι το είδος τους. Όπως έχει αναφερθεί και νωρίτερα μια απεικόνιση μπορεί να περιλαμβάνει ρεαλιστικά στοιχεία εξ ολοκλήρου ή εν μέρει, να συνδυάζει σύμβολα, μαθηματικές εκφράσεις ή νοητικά μοντέλα που εκφράζουν οπτικά μια έννοια ή μια διαδικασία. Αυτό το χαρακτηριστικό φαίνεται να είναι ιδιαίτερα σημαντικό στις αντιλήψεις που σχηματίζουν οι μαθητές για τις διάφορες έννοιες και την επιστήμη γενικά.

Η ύπαρξη και οι ιδιότητες της λεζάντας μιας αναπαράστασης φαίνεται να είναι ένα εξίσου σημαντικό κριτήριο αξιολόγησης. Έχει παρατηρηθεί ότι οι μαθητές δεν διαβάζουν τη λεζάντα που συνοδεύει μια αναπαράσταση, εκτός και αν είναι υποχρεωμένοι να το κάνουν (Pinto & Ametller, 2002). Η ανάγνωσή τους ωστόσο μπορεί να τροποποιήσει την ερμηνεία που έχουν αποδώσει οι μαθητές σε μια αναπαράσταση. Σε έρευνα των Kelly Watkins και συν. (2004) τα ευρήματα έδειξαν ότι μόνο ένα 3% επιχείρησε να διαβάσει τη λεζάντα στις αναπαραστάσεις πριν ερμηνεύσουν ό,τι παρατήρησαν. Όταν δεν τους ζητήθηκε, επέλεξαν να περιγράψουν το οπτικό υλικό και να εξάγουν συμπεράσματα με βάση τη δική τους κατανόηση. Τα δεδομένα αυτά υπογραμμίζουν την αξία μιας σύντομης και περιεκτικής λεζάντας, η οποία παρουσιάζει την αναπαράσταση με λίγες λέξεις και δεν επεκτείνεται στην εξήγηση του απεικονιζόμενου υλικού.

Ένα ακόμη κριτήριο αξιολόγησης που προκύπτει από τη βιβλιογραφική ανασκόπηση είναι η συνάφεια της αναπαράστασης με το λεκτικό κείμενο. Τα αποσυνδεδεμένα στοιχεία θα διαβαστούν ως κάποια διαχωρισμένη και ανεξάρτητη, ίσως ακόμη και ως αντιπαραβαλλόμενη μονάδα νοήματος, ενώ τα συνδεδεμένα στοιχεία θα θεωρηθούν ότι ανήκουν μαζί με κάποια έννοια, ως συνεχή ή συμπληρωματικά (Kress & Van Leeuwen, 2001). Το λεκτικό κείμενο θα πρέπει να συνομιλεί με το οπτικό και να παραπέμπει απευθείας σε αυτό. Λόγω της γλωσσικής επικράτησης για πολλά χρόνια στην εκπαίδευση, η αναπαράσταση κινδυνεύει να θεωρηθεί ως περιττό διακοσμητικό υλικό, αν δεν παρουσιαστεί ως αναπόσπαστο και συμπληρωματικό κομμάτι του λεκτικού κειμένου.

Οι Podolefsky & Finkelstein (2007) υποστηρίζουν ότι τα επιφανειακά χαρακτηριστικά των αναπαραστάσεων είναι ιδιαίτερα σημαντικά στον τρόπο με τον οποίο θα αναγνώσουν οι μαθητές ένα οπτικό κείμενο. Έχει αποδειχθεί ότι εντοπίζεται συχνά μεγάλη δυσκολία στη δημιουργία σχέσεων μεταξύ λεκτικών και γραφικών στοιχείων μιας αναπαράστασης (Pinto & Ametller, 2002). Όταν τα επιφανειακά χαρακτηριστικά απουσιάζουν ή είναι ελλιπή, η αποτελεσματικότητα στην επικοινωνία του νοήματος μειώνεται σημαντικά. Ένας εύκολος τρόπος να διευκολύνουμε τους μαθητές να αναγνώσουν μια αναπαράσταση είναι με τον προσδιορισμό των συμμετεχόντων χαρακτηριστικών με ετικέτες (Ainsworth, 2006).

Η διδακτική λειτουργία μιας αναπαράστασης παίζει επίσης σημαντικό ρόλο στην αξιολόγηση των εικόνων των σχολικών βιβλίων. Οι αναπαραστάσεις θα πρέπει αρχικά να προκαλούν το ενδιαφέρον των μαθητών, αλλά παράλληλα θα πρέπει να διευκολύνουν τις διαδικασίες κατανόησης. Σύμφωνα με τον Ματσαγγούρα (2006, 2009) η εικονογράφηση των σχολικών βιβλίων πρέπει πρωτίστως να συμβάλει στην προώθηση της γνωστικής, διδακτικής και μαθησιακής τους λειτουργίας.

2.7 Τα εργαλεία αξιολόγησης των εικόνων στην παρούσα έρευνα

Σύμφωνα με τα κριτήρια που αναπτύχθηκαν στην προηγούμενη παράγραφο, η αξιολόγηση στην παρούσα έρευνα έγινε χρησιμοποιώντας δύο διαφορετικά εργαλεία. Αρχικά, οι αναπαραστάσεις αξιολογήθηκαν με βάση το είδος τους, τα επιφανειακά τους χαρακτηριστικά, τη συνάφεια με το κείμενο και τη λεξάντα, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα1 (Gkitzia, 2011). Στη συνέχεια οι αναπαραστάσεις οι οποίες πληρούν όλα τα κριτήρια και παράλληλα που παρουσιάζουν εκπαιδευτικό ενδιαφέρον, αξιολογήθηκαν με βάση τις διδακτικές τους λειτουργίες με τα κριτήρια Ματσαγγούρα & Αντωνίου, όπως παρουσιάζονται στον Πίνακα2 (Κουλουμπαρίτση, 2015).

Βάσει του είδους της αναπαράστασης, θα διακρίνονται σε: μακροσκοπικές, μικροσκοπικές, συμβολικές, πολλαπλές, υβριδικές και μικτές. Οι μακροσκοπικές αναπαραστάσεις παρουσιάζουν ρεαλιστικά στοιχεία τα οποία συμφωνούν με την ανθρώπινη αντίληψη και συνδέουν την επιστημονική γνώση με την καθημερινή ζωή. Οι μικροσκοπικές αναπαραστάσεις απεικονίζουν τη σωματιδιακή φύση της ύλης και οπτικοποιούν έννοιες που δεν μπορούν να παρατηρηθούν. Οι συμβολικές αναπαραστάσεις περιλαμβάνουν σύμβολα, βέλη, διανύσματα, σχέσεις μεταξύ επιφανειακών χαρακτηριστικών και κωδικοποιημένα μηνύματα της επιστήμης. Οι υβριδικές αναπαραστάσεις είναι εκείνες που περιλαμβάνουν παραπάνω από μία από τις παραπάνω κατηγορίες, οι οποίες δρουν συμπληρωματικά και συνθέτουν την απεικόνιση. Οι μικτές αναπαραστάσεις συντίθενται από μια από τις τρεις πρώτες κατηγορίες σε συνδυασμό με κάποιο άλλο είδος αναπαράστασης, για παράδειγμα ένα αναλογικό μοντέλο. Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις απεικονίζουν ένα φαινόμενο ή μια έννοια με παραπάνω από έναν τρόπους, καθένας από τους οποίους μπορεί να λειτουργήσει ανεξάρτητα για να στηρίζει την εννοιολογική απεικόνιση.

Η ερμηνεία που βασίζεται στα επιφανειακά χαρακτηριστικά θα χαρακτηρίζεται ως: επαρκής, ελλιπής και ασαφής. Τα επιφανειακά χαρακτηριστικά θεωρούνται επαρκή όταν υπάρχουν όλες οι απαραίτητες ετικέτες που προσδιορίζουν τα στοιχεία που συμμετέχουν, ελλιπή όταν παραλείπονται κάποια από αυτά αλλά τα υπάρχοντα καλύπτουν μερικώς την ερμηνεία και ασαφή όταν δεν υπάρχουν ή δε γίνεται φανερό το νόημα της απεικόνισης.

Η συνάφεια μιας αναπαράστασης με το λεκτικό κείμενο θα χαρακτηρίζεται ως: απόλυτη και συνδεδεμένη, απόλυτη και μη συνδεδεμένη, μερική και συνδεδεμένη, μερική και μη συνδεδεμένη και ότι δεν υπάρχει. Απόλυτη και συνδεδεμένη θα θεωρείται όταν το λεκτικό κείμενο έχει ακριβή σχέση με το οπτικό περιεχόμενο και τις αντίστοιχες έννοιες ή διαδικασίες και παράλληλα παραπέμπει απευθείας σε αυτό. Απόλυτη και μη συνδεδεμένη θα χαρακτηρίζεται όταν υπάρχει ακριβής συσχέτιση μεταξύ οπτικού και λεκτικού κειμένου, αλλά το γλωσσικό κείμενο δεν παραπέμπει στην αναπαράσταση. Ως μερική και συνδεδεμένη θα χαρακτηρίζεται όταν το κείμενο αναφέρεται στην ίδια έννοια ή διαδικασία, αλλά είτε χρησιμοποιείται κάποιο διαφορετικό παράδειγμα, είτε δίνονται περαιτέρω προεκτάσεις, ωστόσο το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση. Ως μερική και μη συνδεδεμένη θα χαρακτηρίζεται όταν υπάρχει εν μέρει συσχέτιση και το κείμενο δεν παραπέμπει στην αναπαράσταση. Θα θεωρείται ότι η συνάφεια δεν υπάρχει όταν η απεικόνιση δε σχετίζεται με το λεκτικό κείμενο. Να σημειωθεί ότι το κείμενο κάνει απευθείας παραπομπή όταν χρησιμοποιεί φράσεις όπως «όπως φαίνεται στην αναπαράσταση», «βλέπε εικόνα» ή αναφέρεται σε παρένθεση ο αριθμός της αναπαράστασης.

Βάσει της ύπαρξης και των ιδιοτήτων της λεζάντας μιας αναπαράστασης, οι χαρακτηρισμοί θα είναι: ύπαρξη κατάλληλης λεζάντας (επαρκής, σύντομη, περιεκτική, προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση), ύπαρξη προβληματικής λεζάντας, δεν υπάρχει. Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι μόνο οι εικονικές αναπαραστάσεις με ύπαρξη λεζάντας καθώς είναι εκείνες που επιτελούν ενεργό ρόλο στη διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία.

Ο βαθμός συσχέτισης των αναπαραστάσεων που συνθέτουν μια πολλαπλή θα είναι: επαρκής, ανεπαρκής ή δε θα υπάρχει. Το κριτήριο αυτό δηλώνει τη σαφήνεια της αντιστοιχίας μεταξύ των πολλαπλών αναπαραστάσεων καθώς και τον τρόπο που συμβαίνει αυτό.

Τέλος, όσον αφορά στη διδακτική λειτουργία μιας αναπαράστασης, θα θεωρείται ότι διευκολύνει την διαδικασία κατανόησης όταν: επαναλαμβάνει το περιεχόμενο του κειμένου εν όλω ή εν μέρει, συγκεκριμενοποιεί μια έννοια παραθέτοντας κάποιο παράδειγμα, παρουσιάζει αναλυτικά τα δεδομένα του κειμένου ή τα αναπαριστά γραφικώς, χρησιμοποιεί οπτικούς προοργανωτές, εξηγεί πολύπλοκες διαδικασίες.

Πίνακας 1: Τα κριτήρια της αξιολόγησης των αναπαραστάσεων στα σχολικά εγχειρίδια

ΚΡΙΤΗΡΙΟ	ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΜΟΣ
C1.Είδος αναπαράστασης	i.Μακροσκοπική
	ii.Μικροσκοπική
	iii.Συμβολική
	iv.Πολλαπλή
	v.Υβριδική
	vi.Μικτή
C2.Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών	i.Επαρκής
	ii.Ελλιπής
	iii.Ασαφής
C3.Συνάφεια κειμένου	i.Απόλυτη και συνδεδεμένη
	ii.Απόλυτη και μη συνδεδεμένη
	iii.Μερική και συνδεδεμένη
	iv.Μερική και μη συνδεδεμένη
	v.Δεν υπάρχει
C4.Ύπαρξη και ιδιότητες λεξάντας	i. Ύπαρξη κατάλληλης λεξάντας (επαρκής, σύντομη, περιεκτική, προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση)
	ii.Ύπαρξη προβληματικής λεξάντας
	iii.Δεν υπάρχει
C5.Βαθμός συσχέτισης αναπαραστάσεων που συνθέτουν μια πολλαπλή	i.Επαρκής
	ii.Ανεπαρκής
	iii.Δεν υπάρχει

Πίνακας 2: Τα κριτήρια αξιολόγησης διδακτικών λειτουργιών εικόνας και λεζάντας

Α. Προ-αναγνωστικές λειτουργίες εικόνας	1. Εικόνα επιτελεί διακοσμητικό ρόλο: Δε συνδέεται με το περιεχόμενο, αλλά υπηρετεί αισθητικούς λόγους.
	2. Εικόνα σηματοδοτεί αλλαγή ενοτήτων ή δραστηριοτήτων (Βινιέτες)
	3. Εικόνα σηματοδοτεί εποχή, κοινωνικό ή εργασιακό πλαίσιο.
	4. Εικόνα αποδίδει ποιητικά Κεντρική Ιδέα κειμένου.
	5. Εικόνα εμπλέκει συναισθηματικά και κινητοποιεί της αναγνώστες.
Β. Αξιολόγηση διδακτικών λειτουργιών (α) εικόνας και (β) λεζάντας Σημείωση: Για κάθε εικόνα γίνεται μια αξιολογική κρίση βάσει των κριτηρίων 1-11 και μία αξιολογική κρίση για κάθε λεζάντα βάσει των κριτηρίων 12-17	1. Εικόνα επαναλαμβάνει το περιεχόμενο του κειμένου εν όλω ή εν μέρει. Αξιολογική Αποτίμηση 1234 Παράθεση και Σχολιασμός Παραδειγμάτων
	2. Εικόνα συγκεκριμενοποιεί μια έννοια με παράθεση εικόνας προ-τυπικού παραδείγματος, π.χ.: πλάτανος για υδρόφιλα φυτά και αγελάδα για θηλαστικά.
	3. Εικόνα αποδίδει ανθρωπομορφικά έννοια ή διαδικασία, π.χ.: φωτοσύνθεση σε βήματα που κάνουν οι μέλισσες στο «ζυμωτήριό» της.
	4. Εικόνα παρουσιάζει αναλυτικά δεδομένα κειμένου, π.χ.: τοπογραφικός χάρτης.
	5. Εικόνα αναπαριστά γραφικώς δεδομένα κειμένου, π.χ.: εννοιολογικός χάρτης.
	6. Εικόνα παραθέτει απλοποιημένη δομή πολύπλοκης έννοιας, π.χ.: σχηματική αναπαράσταση αλληλοδιάδοχων κοινωνικο-οικονομικών προβλημάτων μεσοπολέμου.
	7. Εικόνα αποτελεί μετάφραση έννοιας, π.χ.: διανύσματος με διαβήτη.
	8. Εικόνα διευκολύνει κατανόηση κειμένου με οπτικούς προοργανωτές.
	9. Εικόνα εξηγεί πολύπλοκες διαδικασίες, π.χ.: λειτουργία ατμομηχανής.
	10.Εικόνα συγκρίνει μορφή, δομή παρόμοιων δεδομένων, π.χ.: εικόνα μπουφου και κουκουβάγιας, πίνακας σύγκρισης ειδών κλίματος/ πολιτευμάτων.
	11. Εικόνα προσφέρει οπτική μνημονική στήριξη για συγκράτηση δεδομένων, π.χ.: χυμός με το <u>υ</u> σε μορφή ποτηριού.
	12. Λεζάντα ονοματίζει το εικονιζόμενο αντικείμενο σε περίπτωση που είναι άγνωστο ή δυσδιάκριτο.
	13. Λεζάντα επαναλαμβάνει παραφρασμένες τις φράσεις του κειμένου που αφορούν την εικόνα.
	14. Λεζάντα διατυπώνει ερώτηση με βάση τα στοιχεία της εικόνας.
	15. Λεζάντα παρέχει με βάση την εικόνα επιπρόσθετες πληροφορίες, που συμπληρώνουν το κείμενο.
	16. Λεζάντα αναδεικνύει τα ερμηνευτικά στοιχεία της εικόνας.
	17. Λεζάντα επεκτείνει και γενικεύει το νόημα της εικόνας.

2.8 «Θερμότητα – Θερμοδυναμική»

Οι θεμελιώδεις έννοιες της Θερμότητας και της Θερμοδυναμικής έχουν απασχολήσει ιστορικά την έρευνα της διδακτικής, ως πεδίο στο οποίο δημιουργούνται συχνά παρανοήσεις (Magnuson 1993, Νεοκοσμίδης 2006). Πολλές από αυτές πηγάζουν στη διάκριση μεταξύ θερμότητας και θερμοκρασίας και σύμφωνα με την έρευνα του Magnuson (1993) οι εκπαιδευτικοί δεν έχουν ειδικές διδακτικές γνώσεις σχετικά με τον χειρισμό των λανθασμένων εννοιολογικών ιδεών. Η διδασκαλία και εκμάθηση της θερμοδυναμικής περιλαμβάνει έννοιες που αφορούν περισσότερους από έναν επιστημονικούς τομείς της η Φυσική, η Βιολογία, η Γεωλογία και φυσικά η Χημεία (Le Macheral & El Bilani, 2008), γεγονός που καθιστά αναγκαία μια ενοποιημένη προσέγγιση. Η διδασκαλία της θερμοδυναμικής είναι μια μακρά διαδικασία. Τα αναλυτικά προγράμματα σε διάφορες χώρες που περιλαμβάνουν εκμάθηση της επιστήμης, συνήθως ξεκινούν στο δημοτικό σχολείο με την πρώτη έννοια της θερμοκρασίας. Έπειτα, συζητείται η έννοια της θερμότητας μέσω της μεταβολής της κατάστασης του νερού στο γυμνάσιο. Αργότερα, οι πρώτες εφαρμογές της ενέργειας εισάγονται στη μηχανική, στην ηλεκτρική ενέργεια και στη χημεία στην ανώτερη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Τέλος, αυτές οι έννοιες συνεχίζουν να διδάσκονται στην τριτοβάθμια εκπαίδευση (Le Macheral & El Bilani, 2008).

Στην εργασία αυτή επιλέχθηκαν οι ενότητες των σχολικών εγχειριδίων Φυσικής και Χημείας Γυμνασίου και Λυκείου στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση με τη βοήθεια των οποίων διδάσκονται η Θερμότητα, η Θερμοδυναμική και η Θερμοχημεία. Η Θερμότητα εισάγεται ως κεφάλαιο στη Φυσική της Β' Γυμνασίου στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η έννοια της θερμότητας είναι συνυφασμένη με τη διάδοση ενέργειας λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Το σχολικό έτος 2016-2017 το βιβλίο που διδάχθηκε στα ελληνικά σχολεία ήταν: «Φυσική Β' Γυμνασίου» των Αντωνίου Ν., Δημητριάδη Π., Καμπούρη Κ., Παπαμιχάλη Κ. και Παπατσιμπα, Α. Πιο συγκεκριμένα, η δεύτερη ενότητα του βιβλίου έχει τον τίτλο «Θερμότητα» και περιλαμβάνει τρία κεφάλαια. Σε αυτά τα κεφάλαια διαπραγματεύονται τα εξής γνωστικά πεδία: *Θερμόμετρα και μέτρηση θερμοκρασίας, Θερμότητα: Μια μορφή ενέργειας, Πώς μετράμε τη θερμότητα, Θερμοκρασία θερμότητα και μικρόκοσμος, Θερμική διαστολή και συστολή, Αλλαγές κατάστασης και θερμότητα, Μικροσκοπική μελέτη των αλλαγών κατάστασης, Εξάτμιση και συμπύκνωση, Διάδοση της θερμότητας με αγωγή, Διάδοση της θερμότητας με ρεύματα, Διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία.*

Η Θερμοδυναμική μελετά τις ενεργειακές σχέσεις που περιλαμβάνουν θερμότητα, μηχανικό έργο και τις έννοιες που σχετίζονται με την ενέργεια και τη διάδοσή της και αποτελεί αναπόσπαστο τμήμα στη θεμελίωση της φυσικής, της χημείας και των βιολογικών επιστημών (Young, 1994). Οι εφαρμογές της εμφανίζονται σε θερμικές μηχανές, ηλεκτρικές συσκευές, βιοχημικές αντιδράσεις, κ.α. Εισάγεται ως κεφάλαιο στη Φυσική της Β' Λυκείου στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ομάδα Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών. Το σχολικό έτος 2016-2017 το βιβλίο που διδάχθηκε στα ελληνικά σχολεία ήταν: «Φυσική Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών Β' Γενικού Λυκείου» με συγγραφική ομάδα τους Βλάχος Ι., Γραμματικάκης Ι., Καραπαναγιώτης Β., Περιστερόπουλος Π. και Τιμοθέου Γ.. Πιο συγκεκριμένα, το τέταρτο κεφάλαιο του βιβλίου έχει τον τίτλο «Θερμοδυναμική» και διαπραγματεύεται τα εξής γνωστικά πεδία: *Θερμοδυναμικό σύστημα, Ισορροπία θερμοδυναμικού συστήματος, Αντιστρεπτές μεταβολές, Έργο παραγόμενο από αέριο κατά τη διάρκεια μεταβολών όγκου, Θερμότητα, Εσωτερική ενέργεια, Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος, Εφαρμογή του πρώτου θερμοδυναμικού νόμου σε ειδικές περιπτώσεις, Γραμμομοριακές ειδικές θερμότητες αερίων, Θερμικές μηχανές, Δεύτερος θερμοδυναμικός νόμος, Η μηχανή του Carnot, Εντροπία, Υπολογισμός της μεταβολής της εντροπίας σε μερικές περιπτώσεις.*

Η Θερμοχημεία μελετά τις ενεργειακές μεταβολές που συνοδεύουν μια χημική αντίδραση, δηλαδή, τα ποσά θερμότητας που τελικά εκλύονται ή απορροφώνται, καθώς και τους παράγοντες που τα επηρεάζουν και τους γενικότερους νόμους που διέπουν τις εναλλαγές αυτές (Ebbing & Gammon, 1999). Εισάγεται ως κεφάλαιο στη Χημεία της Γ' Λυκείου στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ομάδα Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών. Το σχολικό έτος 2016-2017 το βιβλίο που διδάχθηκε στα ελληνικά σχολεία ήταν: «Χημεία Β' Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης» με συγγραφική ομάδα τους Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π. και Κάλλης Α.. Πιο συγκεκριμένα, το δεύτερο κεφάλαιο του βιβλίου με τίτλο «Θερμοχημεία» περιλαμβάνει δύο παραγράφους και διαπραγματεύεται τα εξής γνωστικά πεδία: *Μεταβολή ενέργειας κατά τις χημικές μεταβολές, Ενδόθερμες-Εξώθερμες αντιδράσεις, Θερμότητα αντίδρασης-ενθαλπία, Θερμιδομετρία-Νόμοι Θερμιδομετρίας.*

3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΡΕΥΝΑΣ

3.1 Το αντικείμενο της έρευνας

Η επιλογή του αντικειμένου της έρευνας έγινε με βασικό κριτήριο το προσωπικό ενδιαφέρον για την αναγκαιότητα για πολυτροπική προσέγγιση στα επιστημονικά βιβλία, καθώς επίσης και με το αντικείμενο σπουδών. Η συγκεκριμένη θεματική περιοχή είναι ένας τόπος συνάντησης των επιστημών της Φυσικής και της Χημείας και επιλέχθηκε όχι μόνο ως ευκαιρία αξιοποίησης των γνώσεων που υπάρχουν, αλλά και ως κίνητρο αναζήτησης χρήσιμων συμπληρωματικών γνώσεων.

Το μεγαλύτερο ποσοστό της επιστημονικής δραστηριότητας στην τάξη περιλαμβάνει τα σχολικά εγχειρίδια και τα βασικά σημειωτικά συστήματα που χρησιμοποιούν είναι ο γραπτός λόγος και η εικονογράφηση. Οι οπτικές αναπαραστάσεις είναι πανταχού παρούσες σε αυτά και έχουν γίνει τα τελευταία χρόνια αντικείμενο κριτικής και ελέγχου (Lee, 2010, Stern & Roseman, 2004). Πολλές φορές το εικονιστικό μέρος ενός βιβλίου είναι τόσο ισχυρό, που οι αναγνώστες το επιλέγουν πρώτα με βάση αυτό και ύστερα με βάση το γραπτό του κείμενο.

Επιπροσθέτως, το χαμηλό επίπεδο επιτυχίας των Ελλήνων σπουδαστών στους διαγωνισμούς PISA έχει προκαλέσει το ενδιαφέρον των ερευνητών για την εκπαιδευτική λειτουργία των επιστημονικών σχολικών εγχειριδίων (Hatzinikita et al, 2008). Οι παρανοήσεις και οι αντιλήψεις των μαθητών για την επιστήμη βρίσκονται στο επίκεντρο και η προέλευσή τους είναι υψίστης σημασίας (Papageorgiou et al, 2017). Το βιβλίο παίζει ρόλο αυθεντίας στην μαθησιακή διαδικασία και σπάνια αμφισβητείται. Αποτελεί ένα σημείο αναφοράς και μπορεί να παράσχει πολύτιμες πληροφορίες για τις γνώσεις που επικοινωνούν οι μαθητές, αλλά και ολόκληρη τη διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία. Δεδομένου ότι ένας έμπειρος εκπαιδευτικός είναι σε θέση να ανιχνεύσει την πολυπλοκότητα της επιστήμης και τις ενδεχόμενες παρανοήσεις που μπορεί να προκαλέσει ένα ασαφές ή ελλιπές βιβλίο και να τις αποφύγει, συγκριτικά με έναν αρχάριο, ένα άρτιο εκπαιδευτικό υλικό είναι ισχυρό εργαλείο για τη διδασκαλία (Hogan et al, 2003).

3.2 Η μέθοδος

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε σε τέσσερα στάδια. Αρχικά μελετήθηκαν όλα τα διδακτικά εγχειρίδια επιστήμης της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και εντοπίστηκαν αυτά που περιλαμβάνουν κεφάλαια σχετικά με την ενότητα της θερμότητας. Αυτά που κατέληξαν προς ανάλυση είναι τα βιβλία Φυσικής Β' Γυμνασίου, Φυσικής Προσανατολισμού Β' Λυκείου και Χημεία Προσανατολισμού Β' Λυκείου.

Στη συνέχεια, έγινε αξιολόγηση των αναπαραστάσεων με βάση το είδος τους, τα επιφανειακά τους χαρακτηριστικά, τη συνάφεια που παρουσιάζουν με το λεκτικό κείμενο και τη λεζάντα (Gkitzia et al, 2011). Για να εξυπηρετεί πλήρως τη λειτουργία και το σκοπό της, μια αναπαράσταση θα πρέπει να διαθέτει όλα αυτά τα χαρακτηριστικά σε επαρκές επίπεδο, αλλά να διαθέτει και περαιτέρω επιστημονικά παιδαγωγικά χαρακτηριστικά.

Οι απεικονίσεις, που προέκυψαν από την πρώτη αξιολόγηση πληρώνοντας όλα τα κριτήρια και παράλληλα εκείνες που παρουσιάζουν εκπαιδευτικό ενδιαφέρον, αξιολογήθηκαν στη συνέχεια με βάση τις διδακτικές τους λειτουργίες με τα κριτήρια Ματσαγγούρα & Αντωνίου (Κουλουμπαρίτη, 2015). Την αξιολόγηση αυτή συνόδευσαν και προτάσεις για διδακτική αξιοποίηση στην πράξη.

Τέλος, πέντε έμπειροι εκπαιδευτικοί της Φυσικής ερωτήθηκαν για την άποψη τους για το εικονιστικό μέρος των βιβλίων στην εν λόγω ενότητα, αν το χρησιμοποιούν και τι αλλαγές θα πρότειναν για να ικανοποιούνται οι διδακτικές τους ανάγκες. Στη συνέχεια, τους ζητήθηκε να σχολιάσουν επτά συγκεκριμένες εικόνες, αυτές που θεωρήθηκαν άρτιες, και έπειτα να αναφέρουν την προσωπική τους κριτική για τις αντίστοιχες διδακτικές προτάσεις.

3.3 Τα εργαλεία

Για την ολοκλήρωση αυτής της εργασίας συνέβαλαν τόσο άνθρωποι όσο και υλικοί πόροι. Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν και αξιολογήθηκαν, αποτέλεσαν τα μέσα μιας ποιοτικής ερμηνευτικής προσέγγισης. Η ποιοτική προσέγγιση υπαγορεύει διερευνήσεις μικρότερης κλίμακας και επικεντρώνεται στην κατανόηση του υποκειμενικού κόσμου της ανθρώπινης εμπειρίας. Αφού συγκεντρώθηκε το υπό εξέταση υλικό από τα εκπαιδευτικά σχολικά βιβλία και αξιολογήθηκε, ακολούθησε συνέντευξη σε εκπαιδευτικούς. Η συνέντευξη αποτελεί μια ευρύτατα διαδεδομένη μέθοδο άντλησης ερευνητικών δεδομένων (Harrison 2001, Magnuson 1993). Μπορεί να είναι περισσότερο ή λιγότερο κατευθυνόμενη από το πρόσωπο που παίρνει τη συνέντευξη: ανοιχτή ή κλειστή, μη-δομημένη (ελεύθερη) ή δομημένη. Μια συνήθης μορφή συνέντευξης στην εκπαιδευτική έρευνα είναι η ημι-δομημένη: υπάρχουν προσχεδιασμένες ερωτήσεις αλλά παρέχεται η ελευθερία και η ευελιξία να συζητηθούν και άλλα θέματα που αναδύονται. Στην παρούσα εργασία, δεδομένου ότι οι απαντήσεις της συνέντευξης δόθηκαν γραπτώς, υπήρξε μια σχετική ελευθερία που πυροδότησε κριτικά σχόλια κυρίως επιστημονικού περιεχομένου.

3.4 Η ημι-δομημένη συνέντευξη

Πέντε έμπειροι καθηγητές ερωτήθηκαν για την εκτίμησή τους για τις εικονιστικές αναπαραστάσεις γενικώς στην ενότητα Θερμότητα-Θερμοδυναμική στα σχολικά εγχειρίδια και αν τις χρησιμοποιούν στη διδακτική διαδικασία. Στη συνέχεια τους ζητήθηκε να διατυπώσουν προτάσεις για πιθανές αλλαγές, ώστε να ικανοποιούνται οι διδακτικές τους ανάγκες. Τέλος, οι καθηγητές σχολίασαν επτά συγκεκριμένες εικονιστικές αναπαραστάσεις, με τις ανάλογες προτάσεις που έχουν γίνει στην παρούσα εργασία για διδακτική αξιοποίηση. Το οπτικό διδακτικό υλικό που σχολιάστηκε, καλύπτει σύμφωνα με την αξιολόγηση επιστημονικά-ενδοκλαδικά και παιδαγωγικά κριτήρια, ωστόσο οι ερωτηθέντες δεν γνώριζαν τα αποτελέσματα της αξιολόγησης. Ένας από τους συμμετέχοντες κατέχει διδακτορικό δίπλωμα στην επιστήμη και ένας μεταπτυχιακό δίπλωμα στην εκπαίδευση.

Σε ανάλογη έρευνα του Harrison (2001), δέκα έμπειροι καθηγητές θετικών επιστημών ερωτήθηκαν για τα αναλογικά μοντέλα που χρησιμοποιούν για να εξηγήσουν την επιστήμη στους μαθητές τους, με σκοπό να διερευνηθεί η ιδέα ότι η παιδαγωγική διδασκαλία επηρεάζεται από τα εγχειρίδια που χρησιμοποιούνται συνήθως στην τάξη. Σε έρευνα του Magnuson (1993) έξι καθηγητές φυσικής επιλέχθηκαν τυχαία και ερωτήθηκαν για τις διδακτικές προσεγγίσεις τους σε εργαστήρια με μικροϋπολογιστή σχετικά με τη θερμική ενέργεια και τη θερμοκρασία. Οι συνεντεύξεις ήταν ημι-δομημένες και συνίσταντο από μια σειρά εργασιών. Σε κάθε εργασία οι εκπαιδευτικοί ρωτήθηκαν τι θα κάνουν στη διδασκαλία τους για να βοηθήσουν τους μαθητές να κατανοήσουν καλύτερα τις σχετικές έννοιες. Σε κάθε περίπτωση, η συνέντευξη είναι ένας χρήσιμος τρόπος για να διερευνηθεί η αντίληψη των εκπαιδευτικών σχετικά με την πρακτική τους και συνεπώς, συντελούν στην εξαγωγή σημαντικών συμπερασμάτων για τις διδακτικές στρατηγικές των εκπαιδευτικών, αλλά έχει περιορισμούς. Αυτό σημαίνει ότι οι διδακτικές ενέργειες ίσως να μην συμφωνούν πάντα με τις θεωρητικές πεποιθήσεις (Harrison, 2001).

Στην παρούσα εργασία οι απαντήσεις των συνεντεύξεων δόθηκαν γραπτώς ύστερα από επικοινωνία με τους καθηγητές, καθώς ο φόρτος εργασίας της εξεταστικής περιόδου δεν επέτρεπε την δια ζώσης διαδικασία. Λαμβάνοντας υπόψη τους περιορισμούς που αναφέρθηκαν παραπάνω, η συνέντευξη σχεδιάστηκε ώστε να είναι όσο το δυνατόν ευέλικτη και ρεαλιστική. Στο ανάλογο αρχείο που παρατίθεται και

στο παράρτημα, αφού συμπληρώθηκαν κάποια βιογραφικά στοιχεία σχετικά με την ειδικότητα, το φύλο και τα χρόνια διδασκαλίας, τέθηκαν στους καθηγητές οι εξής ερωτήσεις:

“...Ποια είναι η γενική σας εκτίμηση για το εικονιστικό μέρος του βιβλίου της Φυσικής Β’ Γυμνασίου στην ενότητα της Θερμότητας και ποια για το εικονιστικό μέρος του βιβλίου της Φυσικής Β’ Λυκείου στην ενότητα της Θερμοδυναμικής; ...Χρησιμοποιείτε το οπτικό περιεχόμενο του βιβλίου στην διδακτική διαδικασία; Αν ναι, με ποιον τρόπο; ...Τι αλλαγές θα προτεινάτε στο κομμάτι των αναπαραστάσεων ώστε να ικανοποιούνται οι διδακτικές ανάγκες του μαθήματος; ”

Αυτές οι ερωτήσεις είχαν στόχο να συλλέξουν τις αυθόρμητες πρώτες αντιδράσεις των εκπαιδευτικών σχετικά με το οπτικό διδακτικό υλικό και τη γενική συνολική άποψη που έχουν διαμορφώσει για το αναπαραστατικό μέρος των σχολικών βιβλίων. Ο σκοπός της συνέντευξης ήταν αφενός να διαπιστωθεί εάν το διδακτικό δυναμικό θεωρεί αναγκαία την οπτική γλώσσα στην επικοινωνία της επιστήμης και αφετέρου να κυρωθούν τα ευρήματα και οι προτεινόμενες ιδέες για αξιοποίηση. Όταν ολοκληρώθηκαν οι πρώτες απαντήσεις, δόθηκαν στους εκπαιδευτικούς επτά αναπαραστάσεις που περιλαμβάνονται στα σχολικά βιβλία και πληρούν επιστημονικά-ενδοκλαδικά και παιδαγωγικά κριτήρια, σύμφωνα με την αξιολόγηση που γίνεται στην παρούσα έρευνα. Αρχικά, τους ζητήθηκε να σχολιάσουν τις συγκεκριμένες εικόνες, με βάση την παιδαγωγική χρησιμότητά τους και την επιστημονική τους ορθότητα. Έπειτα, για κάθε ιδέα διδακτικής αξιοποίησης που έχει προταθεί στην παρούσα εργασία, οι εκπαιδευτικοί ανέφεραν εν συντομία την προσωπική τους κρίση.

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΕΥΡΗΜΑΤΑ

4.1 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΦΥΣΙΚΗΣ ΤΗΣ Β' ΓΥΜΝΑΣΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΝΟΤΗΤΑ «ΘΕΡΜΟΤΗΤΑ»

Η Θερμότητα εισάγεται ως κεφάλαιο στη Φυσική της Β Γυμνασίου στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Το σχολικό έτος 2016-2017 το βιβλίο που διδάχθηκε στα ελληνικά σχολεία ήταν: «Φυσική Β' Γυμνασίου» των Αντωνίου Ν., Δημητριάδη Π., Καμπούρη Κ., Παπαμιχάλη Κ. και Παπατσίμπα, Λ.. Παρακάτω ακολουθεί η παράθεση των εικονικών αναπαραστάσεων που περιέχονται σε αυτό στην ενότητα της Θερμότητας και ταυτόχρονα η αξιολόγησή τους με βάση τα κριτήρια του Πίνακα1. Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι μόνο οι εικονιστικές αναπαραστάσεις με ύπαρξη λεζάντας καθώς είναι εκείνες που επιτελούν ενεργό ρόλο στη διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία.

Αναπαράσταση ΦΓ1

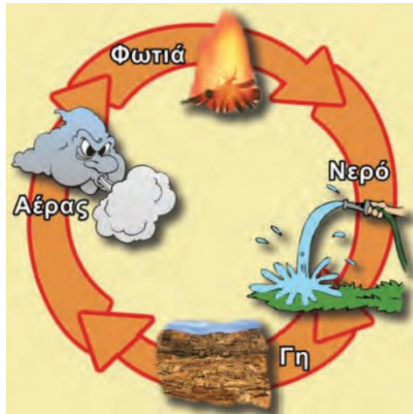


- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο απεικονίζει τον Προμηθέα που κατάφερε να κλέψει τη φωτιά των θεών και να τη χαρίσει στους θνητούς.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής.
- Συνάφεια κειμένου: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση, χωρίς όμως να έχει απόλυτη συσχέτιση με το περιεχόμενό του. Συγκεκριμένα αναφέρει την παραγωγή φωτιάς από τον πρωτόγονο άνθρωπο δια της τριβής, ενώ η αναπαράσταση στην οποία παραπέμπει, προερχόμενη από την ελληνική μυθολογία, παρουσιάζει τη φωτιά ως δώρο του Προμηθέα στους θνητούς.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Η φωτιά των θεών-Σύμφωνα με την αρχαία ελληνική μυθολογία, ο Προμηθέας κατάφερε να κλέψει τη φωτιά των θεών και να τη χαρίσει στους θνητούς. Κρύφτηκε πίσω*

από ένα σύννεφο και άναψε τη δάδα τρίβοντάς την στους τροχούς του άρματος του Φαέθοντα. Για την ενέργειά του αυτή, τιμωρήθηκε σκληρά από τον θεό Δία.», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, ωστόσο δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΓ2



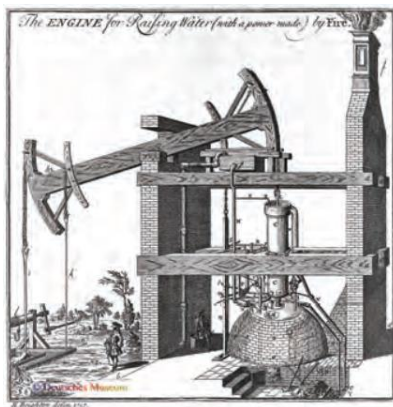
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο απεικονίζει τον ισχυρισμό του Αριστοτέλη ότι κάθε σώμα αποτελείται από συνδυασμούς των τεσσάρων αυτών στοιχείων.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Από τα επιφανειακά χαρακτηριστικά της αναπαράστασης δηλώνονται τα στοιχεία, ωστόσο

δεν περιγράφεται ο ρόλος που επιτελούν τα βέλη.

- Συνάφεια κειμένου: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση, έχοντας απόλυτη συσχέτιση με το περιεχόμενο.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Ο Έλληνας φιλόσοφος Αριστοτέλης θεωρούσε τη φωτιά μαζί με τη γη, το νερό και τον αέρα ως θεμελιώδη συστατικά κάθε σώματος.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ3



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά την πρώτη ατμομηχανή.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν υπάρχει καμία ετικέτα στην αναπαράσταση που να διευκολύνει την ανάγνωσή της.

- Συνάφεια κειμένου: Μερική και μη

συνδεδεμένη. Στο λεκτικό κείμενο γίνεται αναφορά στη συνεισφορά των θερμικών μηχανών στη βελτίωση της ζωής του ανθρώπου. Το κείμενο δεν παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση, η οποία, απεικονίζοντας την πρώτη ατμομηχανή, παρατίθεται κυρίως ως ιστορικό στοιχείο και συνδέει την επιστήμη με την ιστορία και την τεχνολογία.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Η πρώτη ατμομηχανή που κατασκευάστηκε από τον Τόμας Νιούκομεν και τον βοηθό του Τζον Κάλν το 1712 στην Αγγλία. Χρησιμοποιήθηκε για την άντληση νερού. Η μηχανή αυτή τροποποιήθηκε και βελτιώθηκε αργότερα από τον Βατ (1765) και αποτέλεσε τον πρόδρομο των σύγχρονων ατμομηχανών.», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, όμως δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΓ4



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά μια πειραματική διαδικασία για τη δοκιμή των αισθήσεών μας ως προς τη θερμοκρασία.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν περιγράφεται λεκτικά η αίσθηση του ζεστού και του κρύου στο πρώτο μέρος της αναπαράστασης, ωστόσο στο δεύτερο μέρος δηλώνεται η συνήθης αίσθηση.
- Συνάφεια κειμένου: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση, έχοντας ωστόσο μερική συσχέτιση με το περιεχόμενο. Συγκεκριμένα γίνεται αναφορά σε άλλο παράδειγμα από αυτό της αναπαράστασης, που επίσης προβάλλει την εσφαλμένη αντίληψη που μας

δημιουργούν πολλές φορές οι αισθήσεις μας για τη θερμοκρασία ενός σώματος.

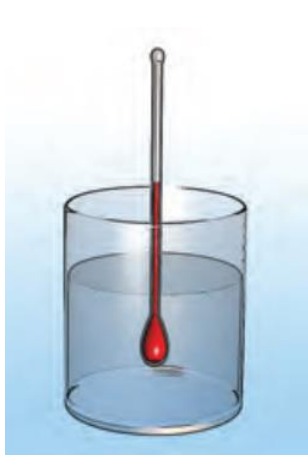
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο *«Δοκίμασε τις αισθήσεις σου. Βυθίζουμε το δεξί χέρι σε ζεστό νερό και το αριστερό σε παγωμένο. Κατόπιν, με τα δύο χέρια κρατάμε ένα φλιτζάνι χλιαρό γάλα. Η αίσθηση σε κάθε χέρι είναι διαφορετική.»*, ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, όμως δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΓ5



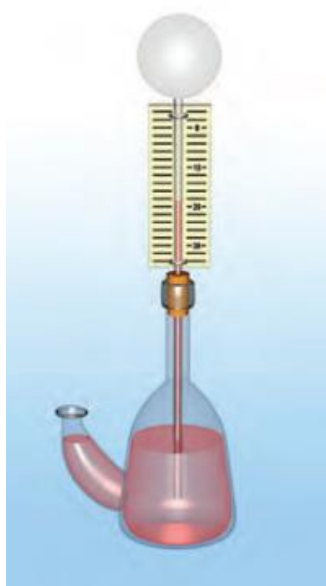
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά μια πειραματική διαδικασία μέτρησης της θερμοκρασίας ενός σώματος με θερμόμετρο.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνονται τα στοιχεία της αναπαράστασης λεκτικά.
- Συνάφεια κειμένου: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση, ωστόσο γίνεται απλή αναφορά στα θερμόμετρα στο συγκεκριμένο σημείο, ως αντικειμενικός τρόπος μέτρησης της θερμοκρασίας ενός σώματος.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο *«Μέσα σε ζεστό και σε παγωμένο νερό βυθίζουμε από ένα θερμόμετρο. Κατόπιν, βυθίζουμε τα θερμόμετρα μέσα σε ένα φλιτζάνι χλιαρό τσάι. Μέσα στο τσάι η ένδειξη των θερμομέτρων είναι η ίδια. Με το θερμόμετρο μετράμε αντικειμενικά τη θερμοκρασία ενός σώματος»*, ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, αλλά όχι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΓ6



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά τη μέτρηση της θερμοκρασίας ενός σώματος με θερμόμετρο.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν γίνεται λεκτική δήλωση των στοιχείων της αναπαράστασης.
 - Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και αναφέρει πώς γίνεται η θερμομέτρηση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Μέτρηση σωστά τη θερμοκρασία. Το θερμόμετρο πρέπει να είναι σε επαφή μόνο με το σώμα που θερμομετρούμε μέχρι να σταθεροποιηθεί η ένδειξή του*», ο οποίος είναι επαρκής, περιεκτικός, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

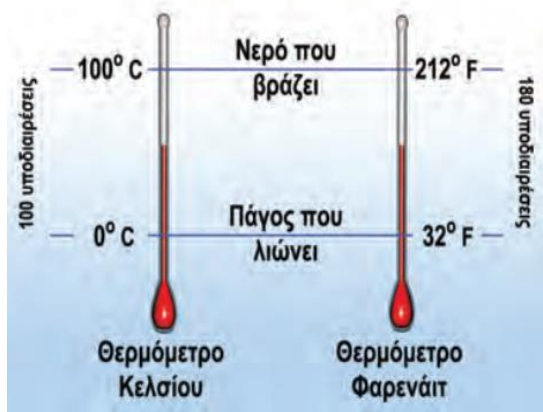
Αναπαράσταση ΦΓ7



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά το θερμοσκόπιο του Γαλιλαίου.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν υπάρχει καμία ετικέτα με τα χαρακτηριστικά της αναπαράστασης που να ενισχύει την ανάγνωσή της.
 - Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Η παράγραφος ξεκινά με αναφορά στο θερμοσκόπιο του Γαλιλαίου και κάνει απευθείας παραπομπή στην εικονική αναπαράσταση. Ωστόσο ο τρόπος που λειτουργεί το συγκεκριμένο θερμόμετρο περιγράφεται στον υπότιτλο της αναπαράστασης.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Το θερμοσκόπιο του Γαλιλαίου. (Δεν ονομάζεται θερμόμετρο, γιατί η κλίμακα που*

χρησιμοποιούσε είναι αυθαίρετη). Η σφαίρα που υπάρχει στην κορυφή είναι ο αισθητήρας. Καθώς θερμαίνεται ή ψύχεται, ο αέρας που περιέχεται σε αυτήν και τον σωλήνα διαστέλλεται ή συστέλλεται και η επιφάνεια του υγρού κατεβαίνει ή ανεβαίνει αντίστοιχα.», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, ωστόσο δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΓ8



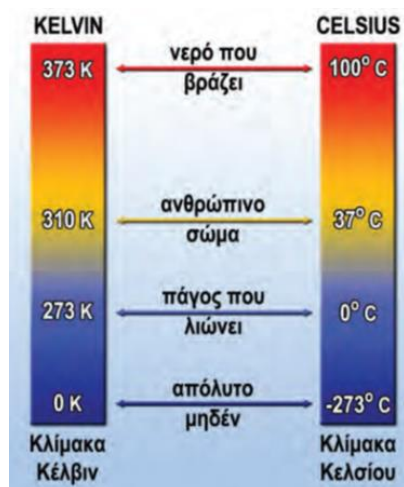
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά δύο θερμόμετρα με την αντιστοιχία μεταξύ κλίμακας Κελσίου και κλίμακας Φαρενάιτ.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται όλα τα απαραίτητα

επιφανειακά χαρακτηριστικά για την ανάγνωση της αναπαράστασης.

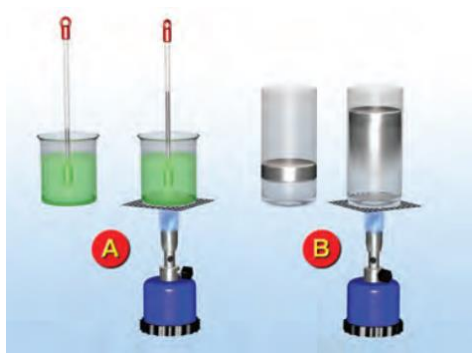
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Η παράγραφος περιγράφει πώς κατασκεύασε ο Φαρενάιτ το θερμόμετρο και την μετατροπή της κλίμακας Φαρενάιτ στην κλίμακα Κελσίου. Παράλληλα γίνεται απευθείας παραπομπή στην εικονική αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Αντιστοιχία μεταξύ της κλίμακας Κελσίου και της κλίμακας Φαρενάιτ. Η μεταβολή κατά 1°C ισοδυναμεί κατά $180/100^{\circ}\text{F}$ ή $9/5^{\circ}\text{F}$ ή $1,8^{\circ}\text{F}$.», ο οποίος είναι ασαφής, καθώς δεν κάνει ξεκάθαρη τη μαθηματική αντιστοιχία ανάμεσα στις δύο κλίμακες.

Αναπαράσταση ΦΓ9



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά τις κλίμακες Κέλβιν και Κελσίου και την μεταξύ τους αντιστοιχία.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Γίνεται σαφής δήλωση των θερμοκρασιών σε κάθε κλίμακα με αντίστοιχες χαρακτηριστικές περιπτώσεις.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Στην παράγραφο αυτή γίνεται περιγραφή της κλίμακας Κέλβιν και της αντιστοιχίας της με την κλίμακα Κελσίου. Επιπροσθέτως το λεκτικό κείμενο παραπέμπει απευθείας στην εικονική αναπαράσταση.
 - Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Αντιστοιχία μεταξύ της κλίμακας Κελσίου και της κλίμακας Κέλβιν: θερμοκρασία σε βαθμούς Κέλβιν = θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου+273», ο οποίος είναι επαρκής, περιεκτικός, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ10



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά μια πειραματική διαδικασία μεταφοράς ενέργειας. Στο πρώτο μέρος της πειραματικής διαδικασίας προσφέρεται ενέργεια μέσω της θερμαντικής εστίας σε δοχείο που περιλαμβάνει νερό με αποτέλεσμα η θερμοκρασία του να αυξάνεται, ενώ στο δεύτερο μέρος προσφέρεται ενέργεια μέσω της θερμαντικής εστίας σε δοχείο που περιέχει αέρα και η μια βάση του κλείνεται με έμβολο με αποτέλεσμα το έμβολο να κινείται προς τα πάνω.

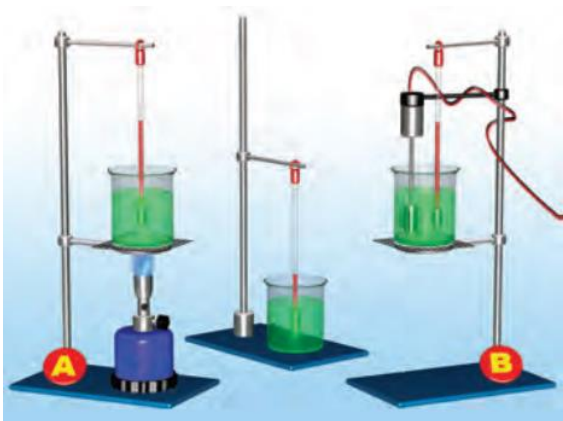
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν δηλώνονται εσωτερικά τα στοιχεία της αναπαράστασης και ο μαθητής θα πρέπει να καταλάβει από μόνος του ότι η περίπτωση Α αναφέρεται στη θέρμανση του νερού, ενώ η περίπτωση Β στην θέρμανση του αερίου. Για την ανάγνωση της αναπαράστασης, είναι απαραίτητη και η ανάγνωση του λεκτικού κειμένου παράλληλα.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Η παράγραφος ξεκινά με την περιγραφή της συγκεκριμένης πειραματικής διαδικασίας και κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Η ενέργεια μεταφέρεται. (α) Όταν θερμαίνουμε το νερό, η θερμοκρασία του αυξάνεται. (β) Όταν θερμαίνουμε τον αέρα του δοχείου, το έμβολο μετακινείται.*», ο οποίος είναι επαρκής, περιεκτικός, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ11



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά άχρηστα φαινομενικά υλικά τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πηγή θερμότητας.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν γίνεται καμία δήλωση των στοιχείων της αναπαράστασης που να διευκολύνει την ανάγνωσή της.
- Συνάφεια με το κείμενο: Δεν υπάρχει. Η αναπαράσταση παρατίθεται μόνο ως προς ευαισθητοποίηση του μαθητή και σύνδεση της έννοιας της θερμότητας με το περιβάλλον.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Θερμότητα από άχρηστα υλικά. Μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε φαινομενικά άχρηστα υλικά ως “πηγή” θερμότητας. Μπορούμε να κατασκευάσουμε “κούτσουρα” από χαρτιά εφημερίδας, περιοδικών κτλ. Η καύση κάθε τέτοιου κούτσουρου είναι μια φτηνή “πηγή” θερμότητας για το σπίτι*», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, ωστόσο δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΓ12



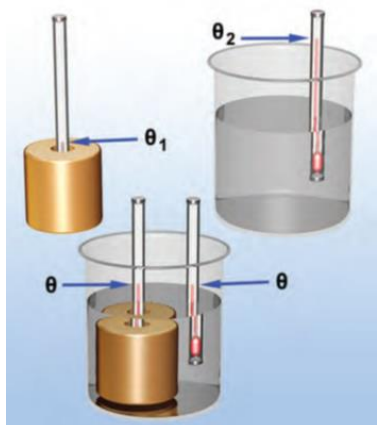
- Είδος αναπαράστασης:

Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά με ένα σκίτσο μια πειραματική διαδικασία αύξησης της θερμοκρασίας του νερού με δύο διαφορετικούς τρόπους. Στο πρώτο μέρος της πειραματικής διαδικασίας προσφέρεται ενέργεια σε δοχείο που περιέχει νερό μέσω θερμαντικής εστίας,

ενώ στο δεύτερο μέρος του πειράματος η θερμοκρασία αυξάνεται λόγω περιστροφής του αναδευτήρα.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν υπάρχει καμία ετικέτα με τα στοιχεία της αναπαράστασης. Ο μαθητής θα πρέπει να αναζητήσει επιπλέον πληροφορίες στο παράλληλο κείμενο ή τον υπότιτλο για να κατανοήσει την αναπαράσταση.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Στο λεκτικό κείμενο περιγράφεται η αύξηση της θερμοκρασίας του νερού στην εν λόγω πειραματική διαδικασία με δύο τρόπους και γίνεται απευθείας παραπομπή στο Β μέρος της αναπαράστασης.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται (α) τόσο κατά τη μεταφορά θερμότητας σε αυτό (β) όσο και κατά την περιστροφή του αναδευτήρα*», ο οποίος είναι σαφής, περιεκτικός, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ13



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά μια πειραματική διαδικασία αποκατάστασης θερμικής ισορροπίας μεταξύ δύο σωμάτων με διαφορετικές αρχικές θερμοκρασίες.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται συμβολικά τα απαραίτητα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και εξηγεί τον τρόπο με τον οποίο επέρχεται θερμική ισορροπία στο σύστημα, με μεταφορά θερμότητας από το σώμα με υψηλότερη αρχική θερμοκρασία (νερό) στο σώμα με χαμηλότερη αρχική θερμοκρασία (μέταλλο).
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Το μέταλλο και το νερό είναι σε θερμική επαφή. Θερμότητα μεταφέρεται από το νερό στο μέταλλο. Η θερμοκρασία του μετάλλου αυξάνεται και του νερού μειώνεται, μέχρις ότου επέλθει θερμική ισορροπία.*», ο οποίος είναι σαφής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ14



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά πειραματική διαδικασία στην οποία εξετάζεται πώς σχετίζεται η θερμότητα που μεταφέρεται σε ορισμένη μάζα νερού, με τη μεταβολή της θερμοκρασίας του.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται συμβολικά τα απαραίτητα στοιχεία για την κατανόηση της αναπαράστασης.

- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση ενώ παράλληλα αναφέρει τι εξετάζουμε στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Με τους δύο λύχνους μεταφέρεται διπλάσια ποσότητα θερμότητας από ό,τι με τον ένα στο ίδιο χρονικό διάστημα. Θερμαίνουμε ίσες μάζες νερού (1 kg) με ένα και με δύο ίδιους λύχνους για ίδιο χρονικό διάστημα. Παρατηρούμε ότι όταν μεταφέρεται διπλάσια ποσότητα θερμότητας η μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού είναι διπλάσια.*», ο οποίος είναι σαφής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, όμως δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΓ15



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά πειραματική διαδικασία στην οποία εξετάζεται ποια είναι η σχέση των ποσοτήτων της θερμότητας που απαιτούνται για να μεταβληθεί η θερμοκρασία διαφορετικών μαζών νερού κατά ορισμένους βαθμούς (π.χ. 30°C).
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται λεκτικά και συμβολικά τα απαραίτητα στοιχεία για την κατανόηση της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση ενώ παράλληλα αναφέρει τι εξετάζουμε στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Για να επιτύχουμε την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας σε διπλάσια μάζα νερού στον ίδιο χρόνο, πρέπει να χρησιμοποιήσουμε δύο λύχνους. Πρέπει δηλαδή να μεταφέρουμε σ' αυτό διπλάσια ποσότητα θερμότητας.*», ο οποίος είναι σαφής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ16



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά πειραματική διαδικασία στην οποία θερμαίνουμε ίσες μάζες νερού και λαδιού και συγκρίνουμε τις ποσότητες θερμότητας που απαιτούνται, ώστε να έχουμε την ίδια μεταβολή στη θερμοκρασία τους.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής, καθώς οι εσωτερικές λεζάντες για το νερό και το λάδι αρκούν για την αποτύπωση της σύγκρισης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση ενώ παράλληλα αναφέρει τι εξετάζουμε στη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Για να επιτύχουμε την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας σε ίσες μάζες νερού και λαδιού, πρέπει να μεταφέρουμε στο νερό πολύ μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας απ' ό,τι στο λάδι», ο οποίος είναι σαφής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ17

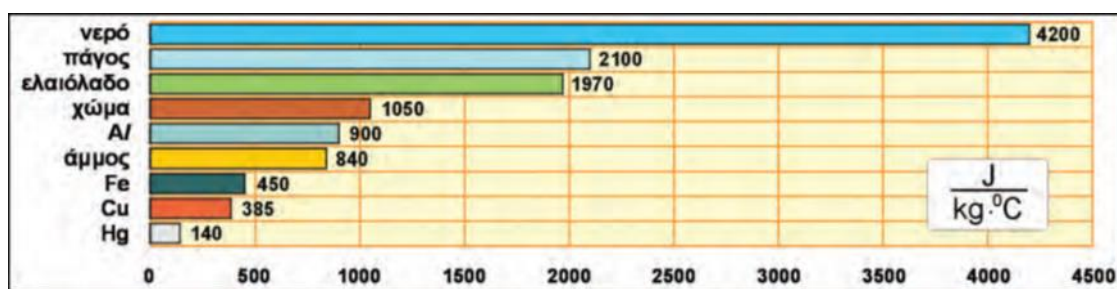


- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά μαγειρικό σκεύος και παρατίθεται για την εισαγωγή της έννοιας της ειδικής θερμότητας ενός σώματος.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνεται κανένα χαρακτηριστικό και

ο μαθητής χρειάζεται την παράλληλη ανάγνωση του κειμένου για την κατανόησή της.

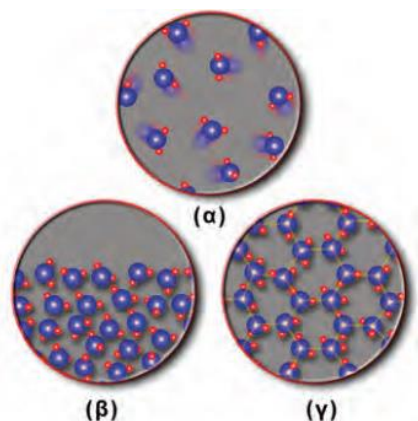
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και συνδέεται με το περιεχόμενό της, εξηγώντας την έννοια της ειδικής θερμότητας.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Μπορείς να ακουμπήσεις το αλουμινένιο σκεύος του φαγητού λίγα λεπτά αφότου το βγάλεις από τον φούρνο. Όμως πρόσεξε: το φαγητό που περιέχει είναι ακόμη καυτό. Μπορείς να το εξηγήσεις;», ο οποίος είναι σαφής, σύντομος και περιεκτικός.

Αναπαράσταση ΦΓ18



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία με ένα διάγραμμα απεικονίζει τις ειδικές θερμότητες ορισμένων υλικών που παρατίθενται είτε συμβολικά είτε περιφραστικά.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Γίνεται δήλωση της ειδικής θερμότητας για κάθε υλικό, καθώς και η αντίστοιχη μονάδα μέτρησης μέσα σε πλαίσιο.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στο διάγραμμα, ωστόσο δεν συνδέεται απόλυτα, καθώς αναφέρει μόνο το παράδειγμα του νερού, ενώ στο διάγραμμα περιλαμβάνονται οι ειδικές θερμότητες και άλλων υλικών.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Το διάγραμμα έχει υπότιτλο «Ειδικές θερμότητες ορισμένων υλικών» που είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ19



- Είδος αναπαράστασης: Μικροσκοπική, η οποία αναπαριστά τις τρεις καταστάσεις της ύλης με τη χρησιμοποίηση μοριακών μοντέλων.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν δηλώνονται εσωτερικά οι καταστάσεις της ύλης, καθώς επίσης ούτε ότι το κάθε μοριακό μοντέλο συμβολίζει ένα μόριο νερού.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει και στα τρία στοιχεία της αναπαράστασης και περιγράφει τις ιδιότητες των υλικών για καθεμία από τις τρεις καταστάσεις.
 - Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «**Οι τρεις καταστάσεις της ύλης. Σχηματική παράσταση των δομικών λίθων στις τρεις καταστάσεις της ύλης. Οι δομικοί λίθοι: (α) των αερίων κινούνται ελεύθερα προς κάθε κατεύθυνση, (β) των υγρών γλιστράνε ο ένας πάνω στον άλλο, ενώ (γ) των στερεών κατέχουν συγκεκριμένες θέσεις γύρω από τις οποίες κινούνται άτακτα.**», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, ωστόσο δεν είναι σύντομος.

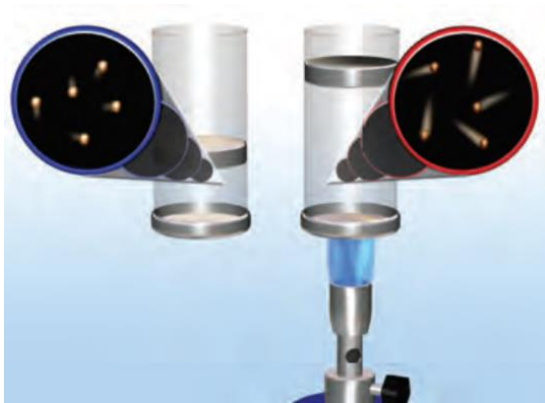
Αναπαράσταση ΦΓ20



- Είδος αναπαράστασης: Δεν εμπίπτει σε κατηγορία. Πρόκειται για φωτογραφική παράσταση της μορφής του φυσικού αυστριακής καταγωγής Λουδοβίκου Μπόλτσμαν.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Παρατίθενται στον υπότιτλο.
- Συνάφεια με το κείμενο: Δεν υπάρχει. Το κείμενο παραπέμπει στην συγκεκριμένη αναπαράσταση, ωστόσο το περιεχόμενό του συνδέεται με τη θεωρία του εικονιζόμενου.

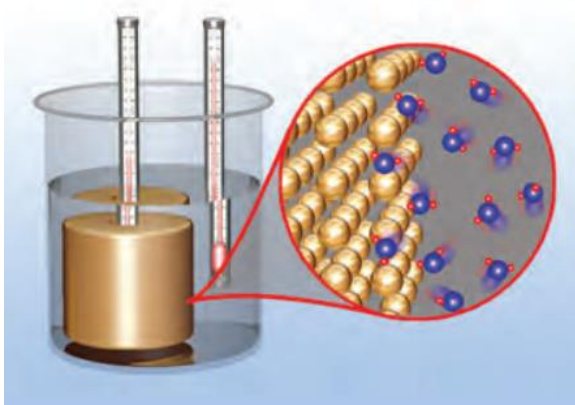
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Λουδοβίκος Μπόλτσμαν (1844–1906)* Ο Αυστριακός φυσικός που πρώτος συνέδεσε την άτακτη κίνηση των δομικών λίθων με τη θερμοκρασία και κατόρθωσε να ερμηνεύσει τις ιδιότητες των αερίων , ο οποίος είναι επαρκής, σχετικά σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην παράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ21



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία αναπαριστά σε μακροσκοπικό επίπεδο δύο δοχεία που περιλαμβάνουν κάποιο αέριο, εκ των οποίων ένα από τα δύο θερμαίνεται· σε μικροσκοπικό επίπεδο γίνεται αναπαράσταση της κίνησης των δομικών λίθων σε κάθε περίπτωση μέσω μοντέλων σφαίρας.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν υπάρχει καμία ετικέτα που να δηλώνει τα στοιχεία της αναπαράστασης και το κεντρικό της περιεχόμενο. Ο μαθητής θα πρέπει να κατανοήσει από μόνος του, σε συνδυασμό με τις πληροφορίες του κειμένου και της λεζάντας, ότι στη δεύτερη περίπτωση αυξάνεται η θερμοκρασία, άρα και η κινητικότητα των δομικών λίθων με αποτέλεσμα να ωθούν το έμβολο προς τα πάνω. Επιπλέον, θα πρέπει να κατανοήσει μόνος του ότι οι δομικοί λίθοι που έχουν ένα μακρύτερο ‘νέφος’ να τους ακολουθεί, είναι εκείνοι με την μεγαλύτερη κινητικότητα.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση και περιγράφει την αύξηση της άτακτης κίνησης των δομικών λίθων ως αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Όταν η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται, οι δομικοί λίθοι του κινούνται εντονότερα. Αποκτούν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια και ωθούν το έμβολο προς τα επάνω*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ22



- Είδος αναπαράστασης:

Υβριδική, η οποία αναπαριστά τη μεταφορά ενέργειας από τους δομικούς λίθους του νερού στους δομικούς λίθους του μεταλλικού κυλίνδρου. Στο μακροσκοπικό επίπεδο γίνεται αναπαράσταση του δοχείου που περιλαμβάνει το νερό

με την αυξημένη θερμοκρασία σε σχέση με τον μεταλλικό κύλινδρο, ενώ στο μικροσκοπικό επίπεδο γίνεται αναπαράσταση της αλληλεπίδρασης των δομικών λίθων.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνεται στην αναπαράσταση λεκτικά ποιοι δομικοί λίθοι αντιστοιχούν σε κάθε μακροσκοπικό χαρακτηριστικό. Ο μαθητής καλείται να κατανοήσει μόνος του τα μικροσκοπικά στοιχεία της εικόνας.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Γίνεται απευθείας παραπομπή στην εικόνα και το κείμενο περιγράφει την αλληλεπίδραση των δομικών λίθων των δύο υλικών ώσπου να επιτευχθεί θερμική ισορροπία.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Οι δομικοί λίθοι του κυλίνδρου συγκρούονται με τους δομικούς λίθους του νερού και κινητική ενέργεια μεταφέρεται από τους δεύτερους στους πρώτους», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ23



- Είδος αναπαράστασης:

Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά ένα παγόβουνο κι ένα ερυθροπυρωμένο κομμάτι κάρβουνο, με σκοπό τη σύγκριση της θερμικής ενέργειας των δύο

σωμάτων και την ανάδειξη της εξάρτησης της θερμικής ενέργειας τόσο από τη θερμοκρασία, όσο και από τη μάζα ενός σώματος.

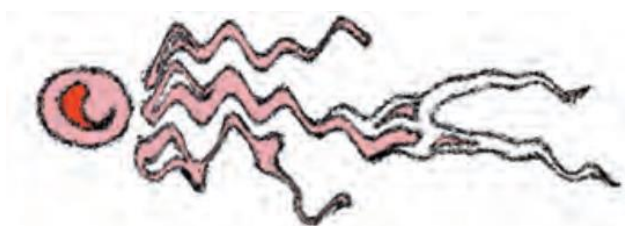
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν υπάρχει ετικέτα με τα στοιχεία της αναπαράστασης που να διευκολύνουν την ανάγνωσή της.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει γενικά για την σχέση της θερμικής ενέργειας με τη μάζα και τη θερμοκρασία ενός σώματος, ενώ στην αναπαράσταση παρατίθεται συγκεκριμένα το παράδειγμα ενός παγόβουνου συγκριτικά με ένα κάρβουνο, όσον αφορά στη θερμική τους ενέργεια.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Ένα παγόβουνο έχει περισσότερη θερμική ενέργεια από ένα ερυθροπυρωμένο κομμάτι κάρβουνο. Το παγόβουνο έχει χαμηλή θερμοκρασία, αλλά τεράστια μάζα σε σχέση με την υψηλή θερμοκρασία και τη μικρή μάζα του κάρβουνου. Όταν όμως το θερμό κάρβουνο τοποθετηθεί στο παγόβουνο, θερμότητα μεταφέρεται πάντοτε από το θερμό κάρβουνο στο ψυχρό παγόβουνο και ποτέ αντίστροφα», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, αλλά δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΓ24



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά ένα παγόβουνο κι ένα ποτήρι που περιέχει παγάκια, με σκοπό τη σύνδεση της θερμοκρασίας ενός σώματος με τη μέση κινητική ενέργεια των δομικών του λίθων.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Η κατανόηση της εικόνας μπορεί να επιτευχθεί μόνο σε συνδυασμό με την ανάγνωση του κειμένου.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει ακριβώς το παράδειγμα της αναπαράστασης και παραπέμπει απευθείας σε αυτή.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Το παγάκι και το παγόβουνο έχουν την ίδια θερμοκρασία. Το παγάκι έχει μάζα πολύ μικρότερη από τη μάζα του παγόβουνου*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και περιεκτικός. Ωστόσο δεν συνδέει το παράδειγμα της αναπαράστασης με τη σχέση της μάζας ενός υλικού με τη θερμική και κινητική ενέργεια, όπως περιγράφεται στο κείμενο.

Αναπαράσταση ΦΓ25



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά κάποιο σώμα υπό ψύξη.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν υπάρχει καμία ετικέτα που να δηλώνει τα στοιχεία της αναπαράστασης ούτε το ρόλο που επιτελεί.
- Συνάφεια με το κείμενο: Δεν υπάρχει.

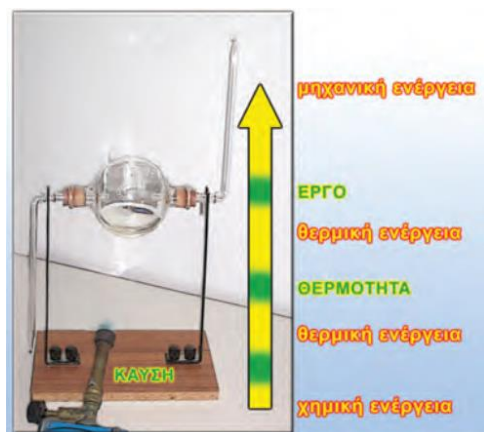
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «**Απόλυτο μηδέν και κίνηση** Κανένα σώμα δεν μπορεί να ψυχθεί σε θερμοκρασία μικρότερη από 0K. Σ' αυτή τη θερμοκρασία οι δομικοί λίθοι του σώματος δεν είναι ακίνητοι. Καθένας από αυτούς έχει τη μικρότερη κινητική ενέργεια», ο οποίος είναι ασαφής.

Αναπαράσταση ΦΓ26



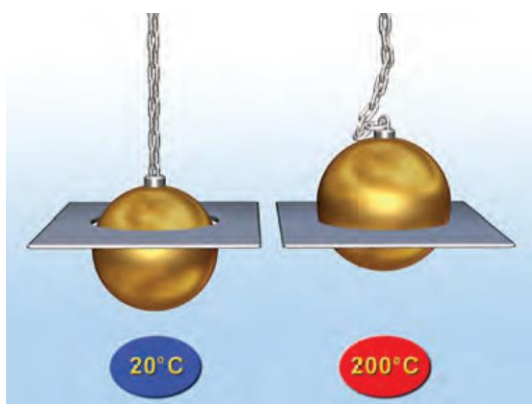
- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία σε μακροσκοπικό επίπεδο απεικονίζει πειραματική διαδικασία θέρμανσης ενός αερίου και σε συμβολικό επίπεδο αποδίδει γραφικά τις δυνάμεις που ασκούνται στο έμβολο και τη μετατόπισή του.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Παρουσιάζονται τόσο τα στοιχεία της αναπαράστασης όσο και η πορεία της μετασχηματιζόμενης ενέργειας από μια μορφή σε μια άλλη.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση και περιγράφει αναλυτικά τις μετατροπές ενέργειας που πραγματοποιούνται στην πειραματική διαδικασία που απεικονίζεται.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «**Ο αέρας ασκεί δύναμη στο έμβολο. Η δύναμη παράγει έργο. Ενέργεια μεταφέρεται από τον αέρα στο έμβολο**», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ27



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία απεικονίζει την πρώτη πειραματική διάταξη μετατροπής θερμικής ενέργειας σε μηχανική.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν περιγράφονται τα χαρακτηριστικά της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση, ωστόσο αναφέρει γενικά την ύπαρξη θερμικών μηχανών από την αρχαιότητα.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Η εκδοχή της μηχανής του Ήρωνα, στο σχολικό εργαστήριο. Είναι η πρώτη συσκευή μετατροπής θερμικής ενέργειας σε μηχανική. Ο Ήρωνας γεννήθηκε και έδρασε στην Αλεξάνδρεια τον 1^ο αιώνα π.Χ. Υπήρξε σπουδαίος μαθηματικός, φυσικός και μηχανικός», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, αλλά δεν είναι σύντομος.

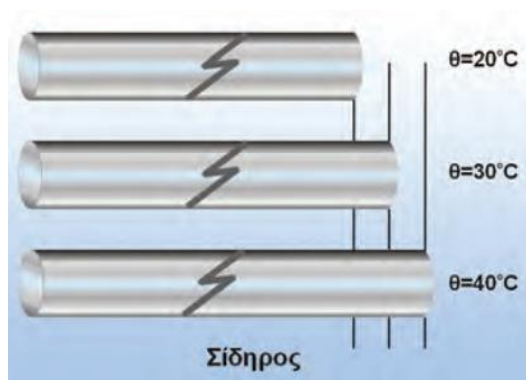
Αναπαράσταση ΦΓ28



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά τη θερμική διαστολή που υπόκειται μια σφαίρα καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία της.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται τα απαραίτητα χαρακτηριστικά της θερμοκρασίας της σφαίρας σε κάθε περίπτωση.

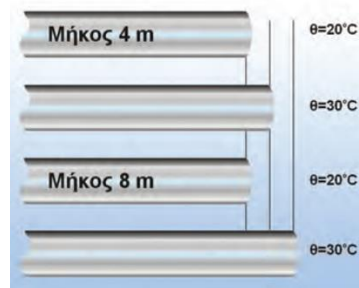
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και περιγράφει την αύξηση του όγκου της σφαίρας, και άρα και της διαμέτρου της, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία με αποτέλεσμα να μη χωράει πλέον στο μεταλλικό δακτυλίδι.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Η σιδερένια σφαίρα στη θερμοκρασία δωματίου μόλις περνά μέσα από το μεταλλικό δακτυλίδι. Όμως η σφαίρα σφηνώνεται στο δακτυλίδι όταν η θερμοκρασία της αυξηθεί στους 200°C περίπου*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ29



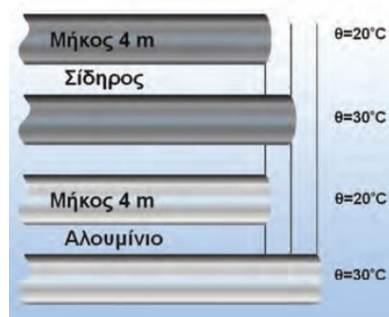
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά την αύξηση του μήκους μιας ράβδου ανάλογα με τη μεταβολή της θερμοκρασίας.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται εσωτερικά τα χαρακτηριστικά της ράβδου, καθώς και η μεταβολή της θερμοκρασίας.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει την πειραματική διαδικασία και παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Η αύξηση του μήκους είναι ανάλογη της μεταβολής της θερμοκρασίας*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ30



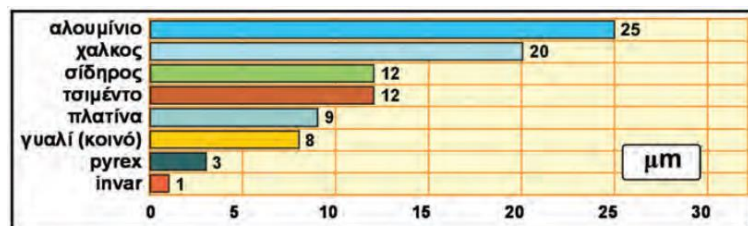
Αναπαράσταση ανάλογη της ΦΓ29. Ισχύει η ίδια αξιολόγηση.

Αναπαράσταση ΦΓ31



Αναπαράσταση ανάλογη της ΦΓ29. Ισχύει η ίδια αξιολόγηση.

Αναπαράσταση ΦΓ32



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική η οποία με ένα διάγραμμα απεικονίζει τη διαστολή από ποικίλα υλικά, όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί κατά 1°C.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται όλα τα υλικά, η διαστολή τους, καθώς και η μονάδα μέτρησης της διαστολής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο κάνει απευθείας παραπομπή στο διάγραμμα αναφέροντας ένα μόνο παράδειγμα υλικού από αυτά που απεικονίζονται.

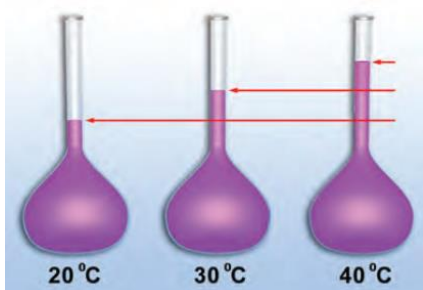
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Το διάγραμμα έχει υπότιτλο «*Η διαστολή ράβδων από ποικίλα υλικά, με αρχικό μήκος 1 m, όταν η θερμοκρασία τους μεταβληθεί κατά 1°C. Η διαστολή μετράται σε μm*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ33



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά οδοντωτούς συνδέσμους που υπάρχουν στις γέφυρες για να αποφευχθούν ζημιές από τις δυνάμεις διαστολής.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Ο μαθητής θα πρέπει να ανατρέξει στην λεζάντα για να καταλάβει την απεικόνιση.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση, ωστόσο αναφέρει γενικά την επιφανειακή διαστολή, χωρίς συγκεκριμένο παράδειγμα.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Για την αποφυγή των ζημιών που μπορεί να προκληθούν από τις δυνάμεις διαστολής, στις γέφυρες υπάρχουν οι οδοντωτοί σύνδεσμοι διαστολής ώστε να υπάρχει ο απαραίτητος χώρος σε περίπτωση που αυξάνεται η επιφάνεια του οδοστρώματος*», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση αλλά δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΓ34



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο απεικονίζει πειραματική διαδικασία με σκοπό τη διαπίστωση της αναλογίας μεταξύ αύξησης του όγκου και μεταβολής της θερμοκρασίας.

- Ερμηνεία επιφανειακών

χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνεται η μεταβολή της θερμοκρασίας σε συνδυασμό με την αύξηση του όγκου του υλικού.

- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Στο κείμενο περιγράφεται η πειραματική διαδικασία και γίνεται απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Η αύξηση του όγκου είναι ανάλογη της μεταβολής της θερμοκρασίας*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ35



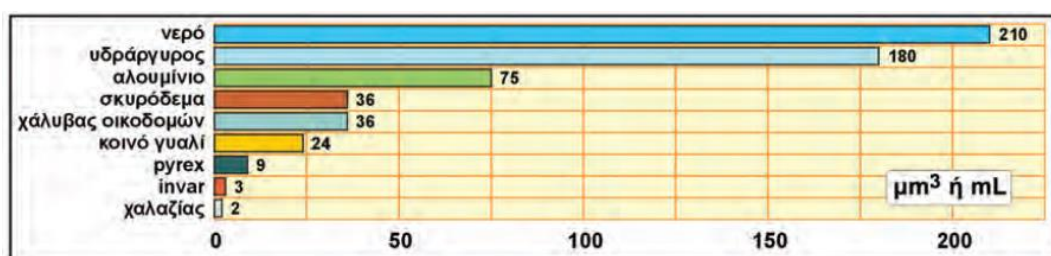
Αναπαράσταση ανάλογη της ΦΓ34. Ισχύει η ίδια αξιολόγηση.

Αναπαράσταση ΦΓ36



Αναπαράσταση ανάλογη της ΦΓ34. Ισχύει η ίδια αξιολόγηση.

Αναπαράσταση ΦΓ37



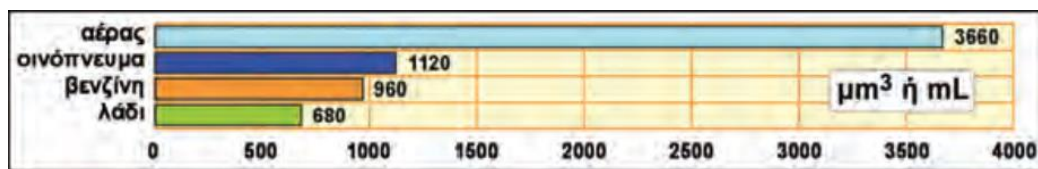
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα διάγραμμα απεικονίζει τη μεταβολή του όγκου ενός σώματος για ποικίλα υλικά, όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί κατά 1°C .
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται όλα τα υλικά, η μεταβολή του όγκου τους, καθώς και η μονάδα μέτρησης της μεταβολής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στο διάγραμμα, ωστόσο περιγράφει ένα παράδειγμα για ένα μόνο υλικό από αυτά που απεικονίζονται.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Μεταβολή του όγκου 1 m^3 διάφορων υλικών όταν η θερμοκρασία τους μεταβληθεί κατά 1°C . Η μεταβολή εκφράζεται σε μm^3 (cm^3 ή ml).», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ38



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία αναπαριστά σε μακροσκοπικό επίπεδο μια συσκευή μελέτης της διαστολής των αερίων, ενώ σε συμβολικό την ανύψωση του εμβόλου της σύριγγας.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Ο μαθητής χρειάζεται την παράλληλη στήριξη του κειμένου και της λεζάντας για να κατανοήσει την απεικόνιση.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει τον τρόπο που λειτουργεί η συσκευή και παραπέμπει απευθείας σε αυτή.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «**Συσκευή μελέτης της διαστολής των αερίων** Αποτελείται από: (α) ένα μεταλλικό κυλινδρικό δοχείο που περιέχει το αέριο, (β) θερμόμετρο που μετρά τη θερμοκρασία του αερίου στο δοχείο, (γ) μανόμετρο, (δ) έμβολο για τη μέτρηση της διαστολής του όγκου.», ο οποίος είναι επαρκής, αλλά δεν προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση. Ο υπότιτλος περιγράφει τα στοιχεία της συσκευής, ωστόσο ο μαθητής θα πρέπει να μελετήσει το κείμενο για να καταλάβει τον τρόπο που λειτουργεί.

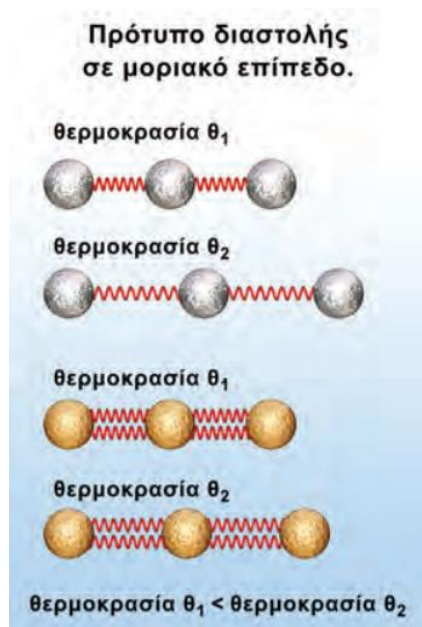
Αναπαράσταση ΦΓ39



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα διάγραμμα αναπαριστά τη διαστολή του αέρα συγκριτικά με τη διαστολή κάποιων υγρών, όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί κατά 1°C.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται τα υλικά και η μεταβολή τους, καθώς επίσης και η μονάδα μέτρησης της μεταβολής.

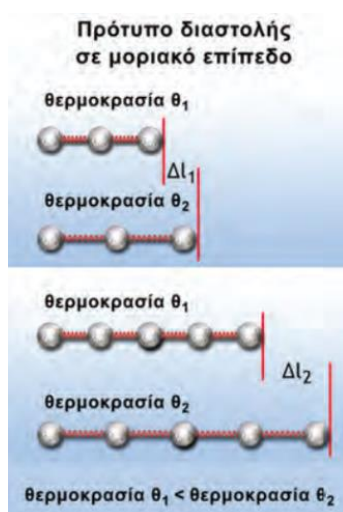
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει γενικά ότι η μεταβολή του όγκου δεν εξαρτάται από το είδος του αερίου, σε αντίθεση με τα υγρά, και δεν παραπέμπει στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Το διάγραμμα έχει υπότιτλο «Ο αέρας, όπως και τα υπόλοιπα αέρια, διαστέλλεται περισσότερο από τα υγρά.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ40



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία αναπαριστά σε μικροσκοπικό επίπεδο τους δομικούς λίθους ενός σώματος και σε συμβολικό επίπεδο την αλληλεπίδραση μεταξύ των δομικών λίθων αυξανόμενης της θερμοκρασίας.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Η αναπαράσταση αφορά στη σύγκριση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των δομικών λίθων δύο υλικών, συγκεκριμένα σιδήρου και αλουμινίου, στοιχεία που δεν δηλώνονται στην αναπαράσταση και είναι απαραίτητα για την ανάγνωσή της.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο ερμηνεύει τη διαστολή των δομικών λίθων και παραπέμπει στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Η αύξηση του μήκους εξαρτάται και από τις δυνάμεις μεταξύ των δομικών λίθων.», ο οποίος είναι σαφής και σύντομος, ωστόσο δεν είναι επαρκής και δεν προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση. Ο μαθητής θα πρέπει να ανατρέξει στο κείμενο για να κατανοήσει την αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ41



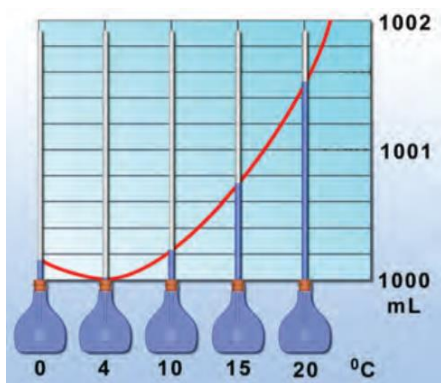
Αναπαράσταση ανάλογη της ΦΓ40. Ισχύει η ίδια αξιολόγηση.

Αναπαράσταση ΦΓ42



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά την παραμόρφωση των σιδηροτροχιών λόγω της θερμικής διαστολής τους.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνονται τα στοιχεία ούτε ο σκοπός της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει ότι οι δυνάμεις διαστολής είναι δυνατόν να προκαλέσουν παραμόρφωση στις σιδηροτροχιές κατά τους καλοκαιρινούς μήνες και παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Παραμόρφωση των σιδηροτροχιών λόγω της θερμικής διαστολής τους μια πολύ ζεστή καλοκαιρινή ημέρα. Σήμερα η σύνδεση των σιδηροτροχιών γίνεται με κατάλληλο τρόπο, ώστε να μην παρατηρούνται πλέον τέτοια φαινόμενα.», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ43



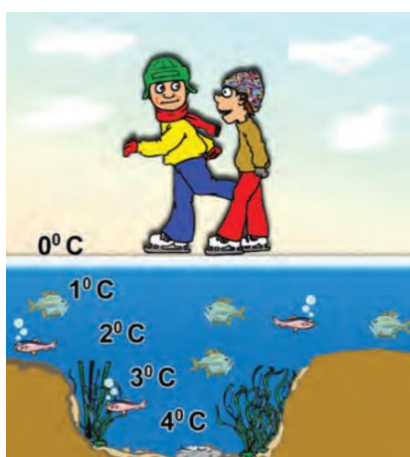
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα διάγραμμα αναπαριστά την ιδιόμορφη μεταβολή του όγκου ενός λίτρου νερού καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία του.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Τα στοιχεία που δηλώνονται δεν επαρκούν για την ανάγνωση

της αναπαράστασης χωρίς τη βοήθεια του κειμένου και της λεζάντας.

- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει το διάγραμμα της αναπαράστασης και παραπέμπει απευθείας σε αυτό.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει λεζάντα «*Το διάγραμμα μεταβολής του όγκου ενός λίτρου νερού καθώς μεταβάλλεται η θερμοκρασία του.*», η οποία είναι επαρκής, σύντομη, περιεκτική και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ44



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά τη διατήρηση της ζωής στον βυθό των λιμνών όλο το χειμώνα.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής.

- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και εξηγεί πώς στον βυθό της θάλασσας και των λιμνών διατηρείται η ζωή κατά τους χειμερινούς μήνες.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Στον βυθό των λιμνών και ποταμών η ζωή διατηρείται ολόκληρο τον χειμώνα.*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και περιεκτικός.

Αναπαράσταση ΦΓ45



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, στην οποία απεικονίζεται η στερεά κατάσταση του νερού.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Παρόλο που δεν υποστηρίζεται περιφραστικά η αναπαράσταση, πρόκειται για εύκολα αντιληπτά στοιχεία.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Η ενότητα ξεκινά με την αναφορά της χιονόπτωσης στις ορεινές περιοχές της χώρας κατά τους χειμερινούς μήνες και κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Το χιόνι είναι νερό σε στερεά κατάσταση.*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και περιεκτικός.

Αναπαράσταση ΦΓ46



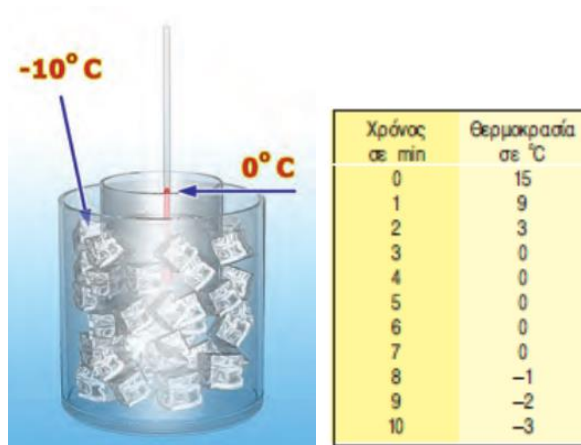
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά με ένα σκίτσο τις τρεις καταστάσεις του νερού.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση και περιγράφει την ύπαρξη των τριών καταστάσεων της ύλης.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Σ' αυτή τη φωτογραφία αναπαριστώνται οι τρεις καταστάσεις του νερού. Στην αέρια κατάσταση, οι υδρατμοί είναι διασπαρμένοι στον αέρα και είναι αόρατοι, μέχρι να συμπυκνωθούν.*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ47



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά πειραματική διαδικασία τήξης.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν δηλώνονται τα στοιχεία της αναπαράστασης με αποτέλεσμα να χρειάζεται η παράλληλη στήριξη του κειμένου για την ανάγνωση και κατανόησή της.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει την συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία τήξης και παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Καθ' όλη τη διάρκεια της τήξης η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ48



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πειραματική διαδικασία πήξης.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν είναι σαφή τα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει την πειραματική διαδικασία πήξης και παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Σε όλη τη διάρκεια της πήξης η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή. Η θερμοκρασία πήξης συμπίπτει με τη θερμοκρασία τήξης.», ο οποίος είναι επαρκής, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ49



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πειραματική διαδικασία βρασμού.

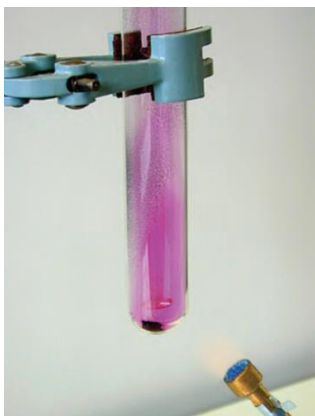
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν είναι σαφές το μήνυμα της αναπαράστασης χωρίς τη στήριξη της λεζάντας.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει την πειραματική διαδικασία βρασμού και τη διατήρηση της θερμοκρασίας καθ' όλη τη διάρκεια του βρασμού και κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Σε όλη τη διάρκεια του βρασμού η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ50



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πειραματική διαδικασία προσφοράς θερμότητας κατά τη διάρκεια τήξης και βρασμού.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν δηλώνονται όλα τα στοιχεία των αναπαραστάσεων, ωστόσο η λεζάντα βοηθά στην κατανόησή της.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση περιγράφει όμως τη γενική περίπτωση και όχι τη συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «(α) Κατά τη διάρκεια της τήξης του πάγου, μεταφέρεται θερμότητα από τη φλόγα στον πάγο. Όμως η θερμοκρασία του πάγου παραμένει σταθερή. (β) Κατά τη διάρκεια του βρασμού του νερού, μεταφέρεται θερμότητα από τη φλόγα στο νερό. Όμως η θερμοκρασία του νερού παραμένει σταθερή.», ο οποίος δεν είναι σύντομος, αλλά είναι επαρκής.

Αναπαράσταση ΦΓ51



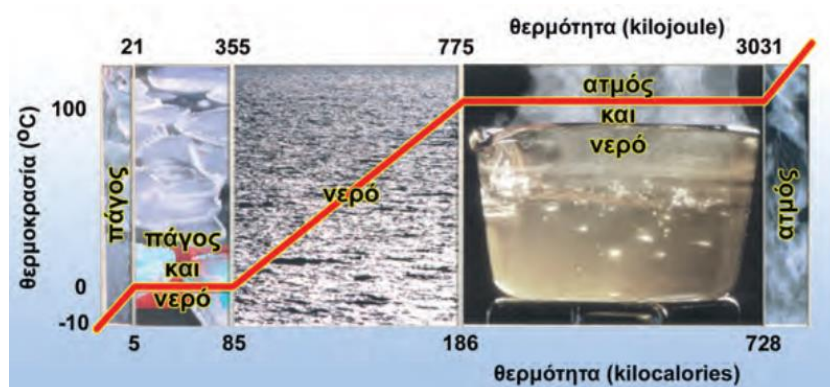
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πειραματική διαδικασία εξάχνωσης του ιωδίου.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνονται τα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και μη συνδεδεμένη. Στο κείμενο περιγράφεται η πειραματική διαδικασία εξάχνωσης του ιωδίου, ωστόσο δεν γίνεται παραπομπή στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Το ιώδιο μεταβαίνει από τη στερεά στην αέρια κατάσταση. Το ιώδιο εξαχνώνεται*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ52



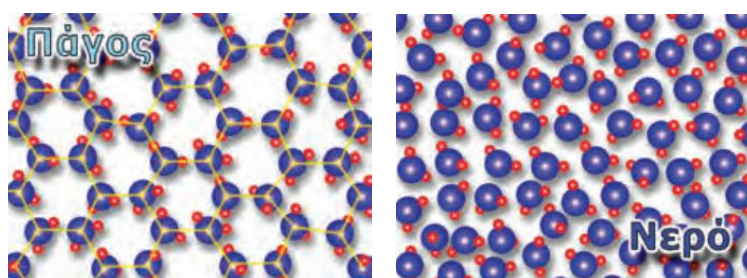
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Δεν υπάρχει.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Πολλές φορές η θερμοκρασία του αέρα είναι μεγαλύτερη όταν χιονίζει παρά όταν λιώνουν τα χιόνια. Μπορείς να εξηγήσεις γιατί;*», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ53



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία είναι διάγραμμα που παράλληλα αναπαριστά τα σκαλοπάτια των μεταβολών κατάστασης του νερού σε μακροσκοπικό επίπεδο.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Στο κείμενο περιγράφονται οι φάσεις των μεταβολών κατάστασης του νερού και γίνεται απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Τα σκαλοπάτια των μεταβολών κατάστασης του νερού.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ54

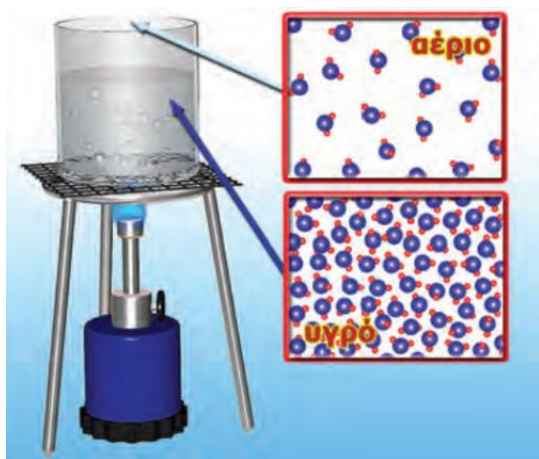


- Είδος αναπαράστασης: Μικροσκοπική, η οποία αναπαριστά τις δυνάμεις μεταξύ των μορίων του νερού στην στερεή και την υγρή κατάσταση.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται τα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Η παράγραφος ξεκινά με την εξήγηση της μεταβολής του τρόπου κίνησης των δομικών λίθων και

γίνεται απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση, στην οποία ωστόσο αναφέρεται συγκεκριμένα στο παράδειγμα του νερού, το οποίο δεν αναφέρεται στο λεκτικό κείμενο.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Στη θερμοκρασία τήξης του πάγου οι δυνάμεις μεταξύ των μορίων του νερού εξασθενούν. Ο τρόπος που κινούνται τα μόρια αλλάζει.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ55



- Είδος αναπαράστασης: Πολλαπλή, η οποία σε μακροσκοπικό επίπεδο αναπαριστά πειραματική διαδικασία βρασμού, ενώ σε μικροσκοπικό επίπεδο αναπαριστά τις δυνάμεις μεταξύ των μορίων του νερού στην αέρια και στην υγρή κατάσταση.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται τα απαραίτητα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει την πειραματική διαδικασία της αναπαράστασης και εξηγεί πώς το υγρό γίνεται αέριο, ενώ παράλληλα παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Στη θερμοκρασία βρασμού οι δυνάμεις μεταξύ των δομικών λίθων του σώματος μηδενίζονται με αποτέλεσμα να κινούνται ελεύθερα.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

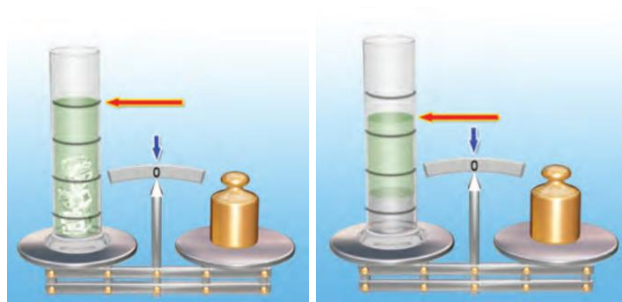
Αναπαράσταση ΦΓ56



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά τις τρεις καταστάσεις του νερού, ενώ παράλληλα με ένα βέλος εκφράζει την πορεία αλλαγής των καταστάσεων με την αύξηση της εσωτερικής ενέργειας.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται όλα τα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Η αλλαγή κατάστασης συνοδεύεται και από μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας.*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και περιεκτικός.

Αναπαράσταση ΦΓ57



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πειραματική διαδικασία με την οποία επαληθεύουμε ότι κατά την τήξη ή πήξη ενός υγρού, η μάζα διατηρείται σταθερή, ενώ ο όγκος μεταβάλλεται.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνονται τα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση και περιγράφει την συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Κατά την τήξη του πάγου η μάζα διατηρείται σταθερή, ενώ ο όγκος μειώνεται*», ο οποίος

είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ58



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά μια ποσότητα γαλλίου.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Ο μαθητής θα πρέπει να ανατρέξει στην λεζάντα για να κατανοήσει την αναπαράσταση.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση, ωστόσο αναφέρει γενικά ότι δε συμπεριφέρονται όλα τα υλικά όπως το νερό σε σχέση με τη μεταβολή του όγκου κατά την τήξη και πήξη, ενώ παραθέτει άλλα παραδείγματα.
 - Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Το μέταλλο γάλλιο λιώνει στη γαντοφορεμένη χούφτα, όπως φαίνεται και στην εικόνα. Αυτό συμβαίνει, γιατί η θερμοκρασία τήξης του είναι μόλις 29,8 °C. Είναι από τα λίγα μέταλλα που, όπως και το νερό, όταν στερεοποιείται, διαστέλλεται. Χρησιμοποιείται σε ειδικά θερμόμετρα ως θερμομετρικό υγρό για τη μέτρηση υψηλών θερμοκρασιών, επειδή βράζει στους 2.400 °C περίπου.*», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση όμως δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΓ59



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πειραματική διαδικασία με βάση την οποία διαπιστώνουμε ότι προσθέτοντας αλάτι σε νερό υπό ψύξη, η πήξη του γίνεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν παρατίθενται όλα τα χαρακτηριστικά της αναπαράστασης με αποτέλεσμα να είναι αναγκαία η στήριξη του κειμένου και της λεζάντας για την κατανόησή της.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Στο κείμενο περιγράφεται η πειραματική διαδικασία της αναπαράστασης, κατά την οποία προσθέτοντας αλάτι σε νερό υπό ψύξη, η πήξη του γίνεται σε χαμηλότερη θερμοκρασία, και γίνεται απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Η θερμοκρασία πήξης του αλατόνερου είναι μικρότερη από 0°C.*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

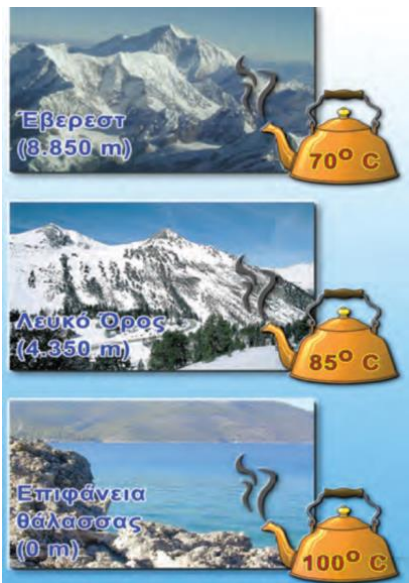
Αναπαράσταση ΦΓ60



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά παγοπέδιλα που φορούν οι παγοδρόμοι.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Παρόλο που τα στοιχεία είναι εμφανές και γνωστό, ο σκοπός της αναπαράστασης περιγράφεται στο κείμενο.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση και εξηγεί πώς οι παγοδρόμοι καταφέρνουν να γλιστρούν εύκολα πάνω στον πάγο.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Τα παγοπέδιλα που φορούν οι παγοδρόμοι.*», ο οποίος είναι σύντομος και περιεκτικός, ωστόσο ο μαθητής θα πρέπει να ανατρέξει στο κείμενο για να κατανοήσει τη σκοπιμότητα της αναπαράστασης.

Αναπαράσταση ΦΓ61



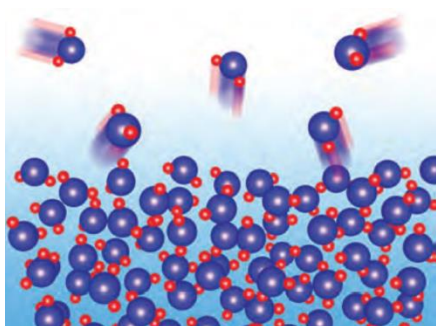
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά τον βρασμό του νερού σε διαφορετικά υψόμετρα.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία για την ανάγνωση της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει πως η θερμοκρασία βρασμού του νερού διαφέρει ανάλογα με την πίεση που ασκεί ο αέρας και παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Στην κορυφή των βουνών η πίεση του αέρα είναι μικρότερη από την πίεσή του στην επιφάνεια της θάλασσας. Όσο αυξάνεται το ύψος, το νερό βράζει σε χαμηλότερη θερμοκρασία*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ62



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά διαδικασία συμπύκνωσης από την καθημερινή ζωή.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση και περιγράφει τη διαδικασία συμπύκνωσης που πραγματοποιείται όταν εκπνέουμε μπροστά από ένα ψυχρό τζάμι.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Όταν οι θερμοί υδρατμοί της ανάσας μας συναντούν το ψυχρό τζάμι, σχηματίζονται σταγονίδια νερού.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ63



- Είδος αναπαράστασης: Μικροσκοπική, η οποία αναπαριστά την εξάτμιση ενός υγρού.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Ο μαθητής θα πρέπει να συμβουλευτεί το κείμενο και τη λεζάντα για να κατανοήσει την αναπαράσταση. Επιπλέον δεν αναφέρεται ούτε στο κείμενο, ούτε στον υπότιτλο, αλλά ούτε και στην αναπαράσταση ότι πρόκειται για το νερό.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Η παράγραφος ξεκινά περιγράφοντας πώς κάποια μόρια καταφέρνουν να ξεφύγουν από την επιφάνεια ενός υγρού και να δραπετεύσουν προς το περιβάλλον, με απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Κατά την εξάτμιση ορισμένα μόρια δραπετεύουν από την επιφάνεια του υγρού.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ64



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά την αίσθηση του κρύου όταν απομακρυνόμαστε από τον χώρο του λουτήρα.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Η ανάγνωση της αναπαράστασης προϋποθέτει την παράλληλη στήριξη της λεζάντας.
- Συνάφεια με το κείμενο: Δεν υπάρχει.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Αμέσως μετά από ένα ζεστό μπάνιο, ο ατμοσφαιρικός αέρας πάνω από τον λουτήρα περιέχει πολύ περισσότερους υδρατμούς απ' ό,τι ο αέρας στον υπόλοιπο χώρο του δωματίου. Λαμβάνοντας υπόψη την παραπάνω πρόταση, μπορείς να εξηγήσεις γιατί κρυώνεις, όταν μετά το μπάνιο απομακρύνεσαι από τον χώρο του λουτήρα;», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση όμως δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΓ65



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά έναν άνθρωπο στην έρημο.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση, ωστόσο δεν περιγράφει κάτι σχετικό.

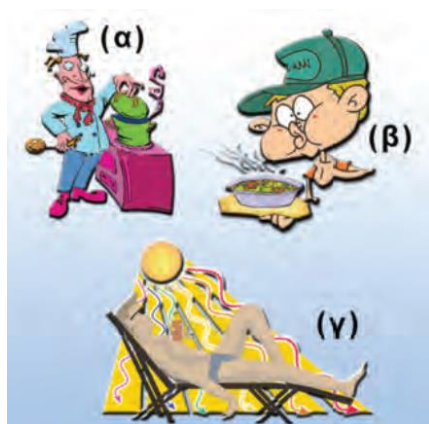
- *Υπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Όταν υπάρχει πλεόνασμα θερμικής ενέργειας στον ανθρώπινο οργανισμό, η θερμοκρασία του ρυθμίζεται με την εξάτμιση του ιδρώτα. Στον ξηρό αέρα της ερήμου ένας άνθρωπος μπορεί να εργαστεί ακόμα και όταν η θερμοκρασία του αέρα προσεγγίζει τους 50 °C. Όταν ο αέρας είναι ξηρός, ο ιδρώτας εξατμίζεται πολύ γρήγορα», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση αλλά δεν είναι σύντομος.*

Αναπαράσταση ΦΓ66



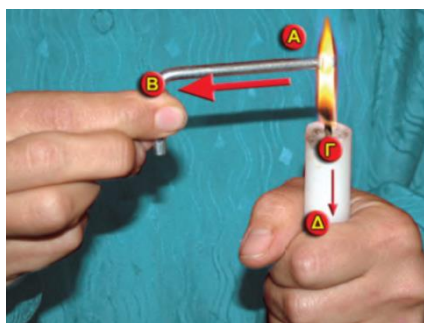
- *Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά τα λευκά σύννεφα που δημιουργούνται σε πύργους ψύξης ενός θερμοηλεκτρικού σταθμού.*
- *Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Ο μαθητής θα πρέπει να συμβουλευτεί το κείμενο και τη λεζάντα για να κατανοήσει την αναπαράσταση.*
- *Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση, ωστόσο δεν αναφέρει συγκεκριμένα το παράδειγμα της απεικόνισης, αλλά αναφέρει γενικά την συμπύκνωση του ατμού κατά τον βρασμό.*
- *Υπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Το «λευκό σύννεφο» πάνω από τους πύργους ψύξης ενός θερμοηλεκτρικού σταθμού οφείλεται στη συμπύκνωση μέρους του ατμού.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.*

Αναπαράσταση ΦΓ67



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με τρία σκίτσα αναπαριστά τους τρόπους διάδοσης της θερμότητας.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν παρουσιάζονται με ετικέτα τα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο κάνει απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση και αναφέρει τους τρεις τρόπους διάδοσης της θερμότητας.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Η θερμότητα διαδίδεται με: (α) αγωγή, (β) μεταφορά, (γ) ακτινοβολία.*», ο οποίος είναι επαρκής σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ68



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πειραματική διαδικασία διάδοσης της θερμότητας.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Παρόλο που πρόκειται για στοιχεία καθημερινότητας που ο μαθητής μπορεί να προσδιορίσει μόνος του, η παράλληλη ανάγνωση της λεζάντας είναι αναγκαία για την κατανόησή της.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και περιγράφει την πειραματική διαδικασία.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Θερμικοί αγωγοί και μονωτές Από τη φλόγα του αερίου μεταφέρεται θερμότητα προς το άκρο Β της βελόνας πολύ γρήγορα, ενώ προς το άκρο Δ του κεριού πολύ αργά.*»,

ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ69

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.1	
ΥΛΙΚΟ	ΘΕΡΜΙΚΗ ΑΓΩΓΙΜΟΤΗΤΑ
ΑΓΩΓΟΙ	
Άργυρος	40.000
Χαλκός	36.000
Αλουμίνιο	20.000
Σίδηρος	5.000
ΜΟΝΩΤΕΣ	
Πάγος	200
Γυαλί	100
Μπετόν	80
Τσιμέντο	60
Νερό	50
Χύδι	17
Λίπος	15
Στεγνό χώμα	14
Ξύλο	12
Μετάξι	4
Υαλοβάμβακας	4
Αέρας	2
Πολυστερίνη	1

- Είδος αναπαράστασης: Πίνακας, ο οποίος μακροσκοπικά δείχνει τη θερμική αγωγιμότητα από ποικίλα υλικά.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής.
 - Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Στο κείμενο γίνεται αναφορά σε αγωγούς και μονωτές με απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Στον πίνακα φαίνεται πόσες φορές είναι μεγαλύτερη η θερμική αγωγιμότητα ενός υλικού από κάποιο άλλο.», ο οποίος είναι σύντομος, αλλά όχι σαφής, άρα ούτε επαρκής.

Αναπαράσταση ΦΓ70



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με σκίτσο αναπαριστά τη διάδοση θερμότητας μέσω αγωγού και μονωτή.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται όλα τα στοιχεία.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση, ενώ περιγράφει γενικά αγωγούς και μονωτές.

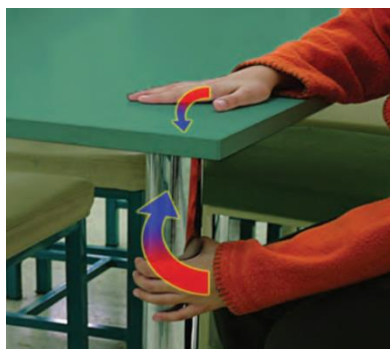
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Η ποσότητα της θερμότητας που μεταφέρεται στο ίδιο χρονικό διάστημα μέσω ενός αγωγού είναι πολύ μεγαλύτερο από αυτό που μεταφέρεται μέσω ενός μονωτή*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ71



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά έναν κεραμικό κύβο.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Ο μαθητής θα πρέπει να ανατρέξει στην λεζάντα.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει την κατασκευή μαγειρικών σκευών από υλικά με μεγάλη θερμική αγωγιμότητα και παραπέμπει στην αναπαράσταση η οποία απεικονίζει ένα παράδειγμα τέτοιου υλικού.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Ο κύβος από κεραμικό, που φαίνεται στην εικόνα, μόλις έχει βγει από τον κλίβανο. Το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένος αποτελείται κυρίως από αέρα και είναι άριστος μονωτής, γι' αυτό, παρόλο που η θερμοκρασία στο εσωτερικό του προσεγγίζει τους 1.200°C, μπορεί κάποιος να το κρατάει με ασφάλεια από τις ακμές του. Τα κεραμικά πλακάκια με τα οποία επενδύονται εξωτερικά τα αμερικανικά διαστημικά λεωφορεία είναι κατασκευασμένα με αυτό το υλικό*», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, αλλά δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΓ72



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πειραματική διαδικασία μεταφοράς θερμότητας σε αγωγό και μονωτή.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνεται ποιο από τα σώματα είναι αγωγός και ποιο μονωτής, ούτε η ερμηνεία κάθε βέλους.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση και ερμηνεύει την πειραματική διαδικασία.
 - Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Ο μεταλλικός σκελετός φαίνεται να έχει μικρότερη θερμοκρασία από την ξύλινη επιφάνεια, ενώ έχουν την ίδια θερμοκρασία. Θερμότητα μεταφέρεται πολύ γρήγορα από το χέρι μας στον μεταλλικό σκελετό (η αγωγιμότητα του μετάλλου είναι πολύ μεγάλη), ενώ από το χέρι μας στο ξύλο η μεταφορά γίνεται πολύ αργά», ο οποίος είναι επαρκής αλλά όχι σύντομος, και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ73



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πειραματική διαδικασία βάσει της οποίας διαπιστώνουμε τη μονωτική ιδιότητα του αέρα.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν είναι σαφή όλα τα χαρακτηριστικά της αναπαράστασης. Ο αέρας, που είναι η κεντρική ιδέα της αναπαράστασης, και η μονωτική του ιδιότητα, θα μπορούσαν να αναφέρονται με κάποια ετικέτα.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση και ερμηνεύει την πειραματική διαδικασία.

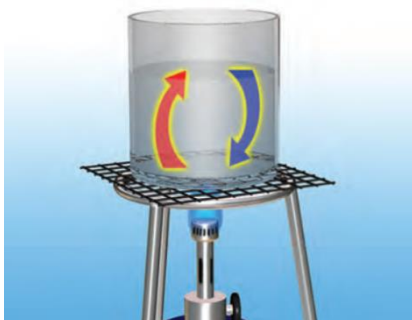
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Το σπίρτο δεν ανάβει. Επομένως, δε μεταφέρεται θερμότητα από τη φλόγα στο σπίρτο. Ο αέρας που παρεμβάλλεται είναι μονωτής*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ74



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία σε μικροσκοπικό επίπεδο αναπαριστά τους δομικούς λίθους, ενώ σε μακροσκοπικό επίπεδο αναπαριστά με ένα σκίτσο πειραματική διαδικασία διάδοσης θερμότητας με αγωγή.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται τα απαραίτητα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο εξηγεί πώς γίνεται διάδοση θερμότητας με αγωγή και παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Μέσω των συγκρούσεων των δομικών λίθων κινητική ενέργεια μεταφέρεται από αυτούς που κινούνται γρήγορα σε αυτούς που κινούνται αργά.*», ο οποίος είναι σύντομος, επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ75

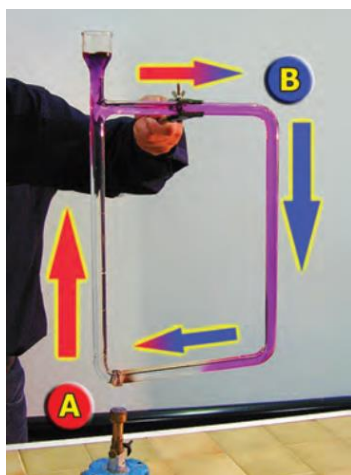


- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πειραματική διαδικασία διάδοσης θερμότητας με ρεύματα.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο εξηγεί πώς γίνεται διάδοση θερμότητας με ρεύματα

και αναφέρει συγκεκριμένα ότι λόγω των ρευμάτων μεταφοράς του νερού ψήνεται το φαγητό στην κατσαρόλα, παραπέμποντας απευθείας στην αναπαράσταση.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Θερμότητα μεταφέρεται από τον πυθμένα της κατσαρόλας στο νερό. Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται και το νερό ανεβαίνει προς την επιφάνεια., ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ76



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία σε συμβολικό επίπεδο αναπαριστά τη διάδοση θερμότητας με ρεύματα μεταφοράς ενώ σε μακροσκοπικό επίπεδο αναπαριστά το σύστημα κεντρικής θέρμανσης.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Η ανάγνωση της αναπαράστασης προϋποθέτει την παράλληλη στήριξη της λεζάντας. Δεν αναφέρεται ποια ρεύματα μεταφοράς είναι θερμά και ποια ψυχρά.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει γενικά τη διάδοση θερμότητας με ρεύματα και αναφέρει ότι με αυτόν τον τρόπο λειτουργεί η κεντρική θέρμανση, παραπέμποντας απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Στο άκρο A του σωλήνα μεταφέρεται θερμότητα από τη φλόγα (καυστήρας) στο νερό. Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται και το νερό ανεβαίνει προς το σημείο B (θερμαντικό σώμα). Καθώς το νερό ρέει, θερμότητα μεταφέρεται προς το

περιβάλλον και η θερμοκρασία του μειώνεται. Κινείται ξανά προς το σημείο Α όπου και ξαναθερμαίνεται. Η θέρμανση από εστία θερμότητας που βρίσκεται εκτός του χώρου που πρόκειται να θερμανθεί, αυτό που σήμερα αποκαλούμε κεντρική θέρμανση, είναι εφεύρεση των αρχαίων Ελλήνων, που χρησιμοποίησαν πρώτοι τα θερμαινόμενα δάπεδα. Την τεχνογνωσία των αρχαίων Ελλήνων παρέλαβαν και βελτίωσαν οι Ρωμαίοι.», ο οποίος δεν είναι σύντομος αλλά είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ77



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική. Πρόκειται για έναν χάρτη στον οποίο συμβολικά αναπαριστώνται τα θαλάσσια ρεύματα.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει τη διάδοση θερμότητας με μεταφορά, αναφέροντας παράλληλα ως παράδειγμα την κυκλοφορία του αέρα στην ατμόσφαιρα και τη μετακίνηση τεράστιων ποσοτήτων νερού στους ωκεανούς, με απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Τα θαλάσσια ρεύματα στους ωκεανούς επηρεάζουν το κλίμα των παραθαλάσσιων περιοχών.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ78



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πτηνό το οποίο σηκώνει το φτέρωμά του στο κρύο για να αποφευχθεί η μεταφορά θερμότητας.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Ο μαθητής θα πρέπει να συμβουλευτεί τη λεζάντα για να ερμηνεύσει την αναπαράσταση.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση, ενώ αναφέρει γενικά πώς κάποια υλικά παγιδεύοντας αέρα αποτρέπουν τη δημιουργία ρευμάτων μεταφοράς.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Όταν κάνει κρύο, τα πουλιά σηκώνουν το φτέρωμά τους έτσι ώστε ο αέρας που παγιδεύεται να λειτουργεί ως θερμομονωτικό και να μην επιτρέπει τη μεταφορά θερμότητας από το σώμα τους προς το περιβάλλον.», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ79



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία αναπαριστά μακροσκοπικά αναμμένο τζάκι ως πηγή θερμότητας, ενώ συμβολικά αναπαριστά τη διάδοση της θερμότητας με ακτινοβολία.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Ο μαθητής θα πρέπει να ανατρέξει στο κείμενο και τη λεζάντα για να κατανοήσει το ρόλο των βελών.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Η παράγραφος ξεκινά περιγράφοντας τη διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία στο τζάκι παραπέμποντας απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Το μεγαλύτερο ποσό θερμότητας από το τζάκι διαδίδεται με ρεύματα μέσα από την

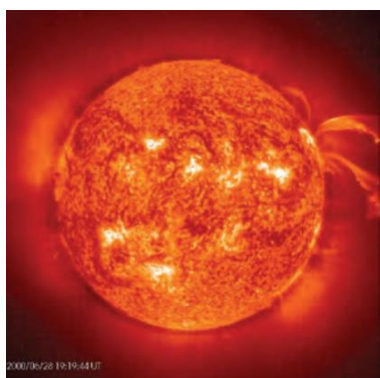
καμινάδα προς το περιβάλλον. Η θερμότητα που μας ζεσταίνει διαδίδεται με ακτινοβολία.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ80



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία αναπαριστά μακροσκοπικά στοιχεία και συμβολικά τη διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν παρουσιάζονται τα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση και αναφέρει τη διάδοση θερμότητας με ακτινοβολία σε ποικίλες περιπτώσεις.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Ο ήλιος έχει υψηλή θερμοκρασία. Εκπέμπει ενέργεια με ακτινοβολία. Ένα μέρος της ακτινοβολίας που εκπέμπεται από τον ήλιο είναι ορατή και ένα μέρος αόρατη. Η πυρωμένη πλάκα του σίδηρου έχει χαμηλότερη θερμοκρασία από τον ήλιο. Εκπέμπει μόνο αόρατη ακτινοβολία.», ο οποίος είναι επαρκής αλλά όχι σύντομος, και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ81



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά το εσωτερικό του ήλιου.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Η παράλληλη ανάγνωση του κειμένου και της λεζάντας είναι απαραίτητη για την κατανόηση της αναπαράστασης, διαφορετικά το στοιχείο δεν είναι σαφές.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει τον τρόπο με τον οποίο ο ήλιος καταφέρνει να διατηρεί τη θερμοκρασία του σταθερή, παρόλο που εκπέμπει ακτινοβολία, με απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο *«Γιατί τα αστέρια λάμπουν. Στο εσωτερικό του ήλιου πυρηνική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική που μεταφέρεται στην επιφάνεια. Στην επιφάνεια, η θερμική ενέργεια μετατρέπεται σε ενέργεια ακτινοβολίας και εκπέμπεται προς το διάστημα. Ένα μέρος της φθάνει στη γη με αποτέλεσμα να τη φωτίζει και να τη θερμαίνει. Με τον ίδιο τρόπο εκπέμπεται ενέργεια ακτινοβολίας από όλα τα αστέρια του ουρανού»*, ο οποίος είναι επαρκής, αλλά όχι σύντομος, και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ82



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά πειραματική διαδικασία εκπομπής θερμότητας από δύο πανομοιότυπα σώματα.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται τα απαραίτητα στοιχεία της αναπαράστασης.

- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει ότι η ισχύς της ακτινοβολούμενης ενέργειας ενός σώματος είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του και παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Τα δυο σώματα είναι πανομοιότυπα. Στο ίδιο χρονικό διάστημα το θερμότερο ακτινοβολεί μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας.*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ83



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά πειραματική διαδικασία εκπομπής θερμότητας από δύο διαφορετικά σώματα.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Τα στοιχεία για κάθε σώμα δεν αναφέρονται με ετικέτα.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει ότι το χρώμα και η υφή της επιφάνειας παίζουν σημαντικό ρόλο στην ποσότητα θερμότητας που εκπέμπουν και παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Στο ίδιο χρονικό διάστημα το τραχύ και σκουρόχρωμο σώμα ακτινοβολεί μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας από το ανοιχτό και λείο.*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ84



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά φωτογραφία με υπέρυθρο φιλμ.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν αναφέρεται στην αναπαράσταση ότι πρόκειται για υπέρυθρο φιλμ.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση ωστόσο αναφέρει γενικά για την υπέρυθρη ακτινοβολία.
 - Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Ειδική φωτογράφιση με υπέρυθρο φιλμ. Οι κόκκινες περιοχές αντιστοιχούν σε σημεία του σώματος που έχουν υψηλότερη θερμοκρασία και συνεπώς ακτινοβολούν πιο έντονα. Φωτογραφίες σαν αυτή χρησιμοποιούνται για να ανιχνευθούν πιθανές ανωμαλίες στην κυκλοφορία του αίματος ή όγκοι στους πνεύμονες και τον εγκέφαλο.», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

4.2 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΦΥΣΙΚΗΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΗΣ Β ΛΥΚΕΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΝΟΤΗΤΑ «ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ»

Η Θερμοδυναμική εισάγεται ως κεφάλαιο στη Φυσική της Β' Λυκείου στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ομάδα Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών. Το σχολικό έτος 2016-2017 το βιβλίο που διδάχθηκε στα ελληνικά σχολεία ήταν: «Φυσική Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών Β' Γενικού Λυκείου» με συγγραφική ομάδα τους Βλάχος Ι., Γραμματικάκης Ι., Καραπαναγιώτης Β., Περιστερόπουλος Π. και Τιμοθέου Γ.. Παρακάτω ακολουθεί η παράθεση των εικονικών αναπαραστάσεων που περιέχονται σε αυτό στην ενότητα της Θερμοδυναμικής και ταυτόχρονα η αξιολόγησή τους με βάση τα κριτήρια του Πίνακα1. Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι μόνο οι εικονιστικές αναπαραστάσεις με ύπαρξη λεζάντας καθώς είναι εκείνες που επιτελούν ενεργό ρόλο στη διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία. Επομένως δε θα αξιολογήσουμε το ρόλο των διαγραμμάτων που εκφράζουν μαθηματικά έννοιες και διαδικασίες της Φυσικής.

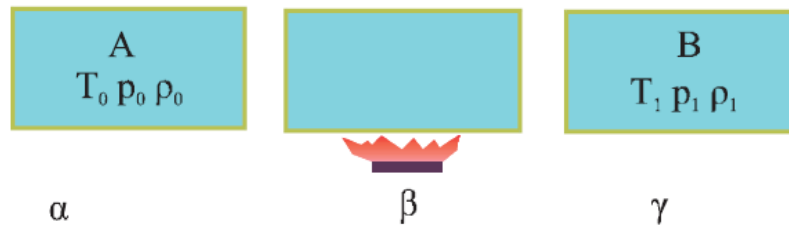
Αναπαράσταση ΦΛ1



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά την πρώτη θερμική μηχανή που εφευρέθηκε από τον Έρωνα τον Αλεξανδρινό περίπου το 100 μ.Χ.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Η λειτουργία της μηχανής περιγράφεται στη λεζάντα.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει ως ιστορικό στοιχείο την εφεύρεση της πρώτης θερμικής μηχανής από τον Έρωνα, αλλά δεν παραπέμπει στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Σχέδιο του ατμοστρόβιλου που επινόησε ο αρχαίος Έλληνας εφευρέτης Έρων (Αλεξάνδρεια, περ.100 μ.Χ.). Το δοχείο είναι κλειστό και επικοινωνεί με τη σφαίρα με τους δύο κατακόρυφους σωλήνες. Με βρασμό νερού παράγεται ατμός στο δοχείο που

εισέρχεται από τους σωλήνες στη σφαίρα και εξέρχεται με μεγάλη ταχύτητα από τα δύο ακροφύσια θέτοντας σε περιστροφή τη σφαίρα», ο οποίος δεν είναι σύντομος, αλλά είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΛ2



- Είδος αναπαράστασης: Συμβολική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά ποσότητα αερίου σε κλειστό δοχείο που άλλοτε βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας και άλλοτε όχι.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν δηλώνεται στα επιφανειακά χαρακτηριστικά ότι πρόκειται για αέριο στο εσωτερικό ενός δοχείου. Επίσης δεν υπάρχουν επιφανειακά χαρακτηριστικά για την δεύτερη περίπτωση, που το αέριο δεν είναι σε θερμοδυναμική ισορροπία.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη. Στο κείμενο ορίζεται η θερμοδυναμική ισορροπία σαν κατάσταση, ενώ δεν παραπέμπει στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «(α) Το αέριο βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας. (β) Το αέριο δε βρίσκεται σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας. Η θερμοκρασία, η πίεση και η πυκνότητα δεν έχουν την ίδια τιμή σε όλη του την έκταση. (γ) Το αέριο βρίσκεται σε νέα κατάσταση ισορροπίας.», ο οποίος δεν είναι σύντομος, αλλά είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΛ3

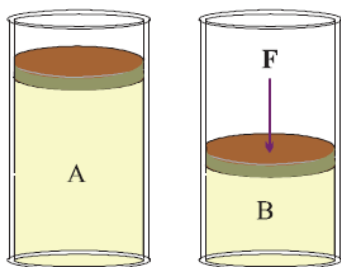


- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά μια μη αντιστρεπτή μεταβολή.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει μη αντιστρεπτές

μεταβολές με άλλα παραδείγματα από αυτό της αναπαράστασης και δεν κάνει παραπομπή σε αυτή.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Για το αβγό της φωτογραφίας δεν υπάρχει καμιά δυνατότητα να επανέλθει στην αρχική του κατάσταση», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΛ4

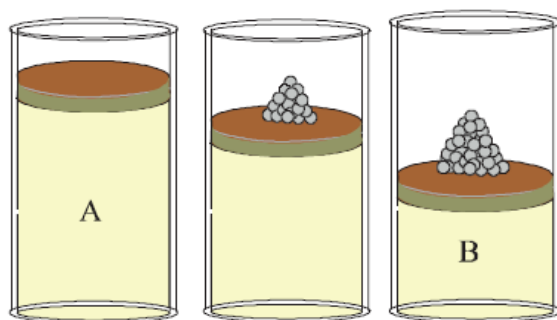


- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία σε μακροσκοπικό επίπεδο αναπαριστά πειραματική διαδικασία μη αντιστρεπτής μεταβολής, ενώ σε συμβολικό επίπεδο αναπαριστά τη δύναμη που προκαλεί την απότομη μεταβολή του όγκου του αερίου.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνονται τα χαρακτηριστικά κάθε κατάστασης της διαδικασίας.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και μη συνδεδεμένη. Στο κείμενο περιγράφεται λεπτομερώς η πειραματική διαδικασία της αναπαράστασης, ωστόσο δε γίνεται απευθείας παραπομπή.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο « Πιέζουμε απότομα το έμβολο ώστε το αέριο να μεταβεί στην κατάσταση B. Η μεταβολή δεν είναι αντιστρεπτή. Στο διάγραμμα μπορεί να παρασταθεί μόνο η αρχική και η τελική κατάσταση του αερίου.», ο οποίος είναι σύντομος και περιεκτικός. Η

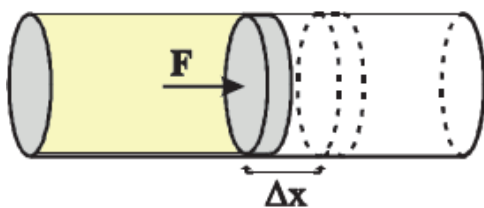
αναπαράσταση συνοδεύεται και με το αντίστοιχο διάγραμμα, το οποίο δεν εξετάζουμε σαν εικονική, αλλά σαν διαγραμματική αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΛ5



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά πειραματική διαδικασία αντιστρεπτής μεταβολής.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνονται τα χαρακτηριστικά κάθε κατάστασης της διαδικασίας, ούτε ότι πρόκειται για αντιστρεπτή μεταβολή.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και μη συνδεδεμένη. Στο κείμενο περιγράφεται λεπτομερώς η συγκεκριμένη αντιστρεπτή εξιδανικευμένη μεταβολή, ωστόσο δεν γίνεται απευθείας παραπομπή.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Προσθέτουμε στο έμβολο αργά κόκκους άμμου μέχρι το αέριο να φτάσει στην τελική κατάσταση B. Το αέριο μεταβαίνει από την κατάσταση A στη B μέσω διαδοχικών καταστάσεων που μπορούν να θεωρηθούν καταστάσεις ισορροπίας. Η μεταβολή αυτή είναι αντιστρεπτή και παριστάνεται με μια γραμμή που οδηγεί από την αρχική στην τελική κατάσταση.», ο οποίος είναι επαρκής, αλλά δεν είναι σύντομος. Η αναπαράσταση συνοδεύεται από το αντίστοιχο διάγραμμα, το οποίο δεν εξετάζουμε σαν εικονική αναπαράσταση αλλά σαν διαγραμματική απεικόνιση.

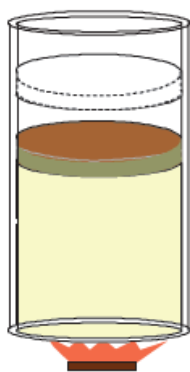
Αναπαράσταση ΦΛ6



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία μακροσκοπικά αναπαριστά πειραματική διαδικασία παραγωγής έργου λόγω μεταβολής του όγκου ενός αερίου, ενώ συμβολικά τη δύναμη που ασκεί το αέριο στο έμβολο.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Παρουσιάζονται κάποια από τα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και μη συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει την διαδικασία της αναπαράστασης, αλλά δεν παραπέμπει σε αυτήν.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Το αέριο εκτονώνεται και το έμβολο μετατοπίζεται κατά Δx . Η δύναμη F που ασκεί το αέριο στο έμβολο παράγει έργο ΔW .*», ο οποίος είναι σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΛ7



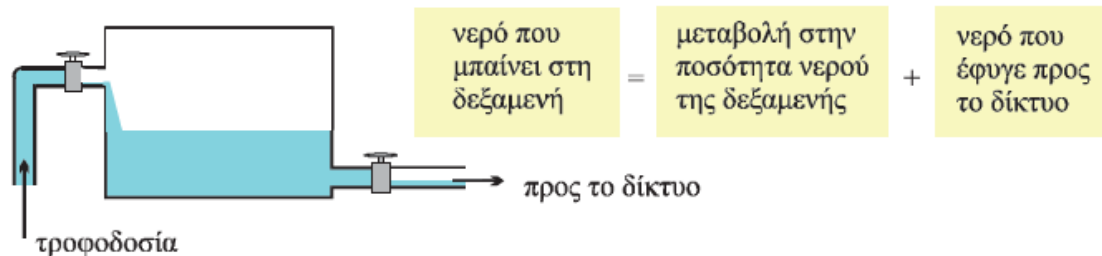
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά πειραματική διαδικασία παραγωγής έργου με προσφορά θερμότητας σε αέριο στο εσωτερικό ενός δοχείου.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνονται στοιχεία όπως η αρχική και η τελική κατάσταση, η ύπαρξη του αερίου, η προσφορά θερμότητας, η μετατόπιση του εμβόλου και κατ' επέκταση η παραγωγή έργου.

- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και μη συνδεδεμένη. Το κείμενο δεν παραπέμπει στην αναπαράσταση, ενώ περιγράφει με λεπτομέρεια τη διαδικασία.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Ποσότητα αερίου θερμαίνεται. Το αέριο κατά τη διάρκεια της μεταβολής του παράγει*

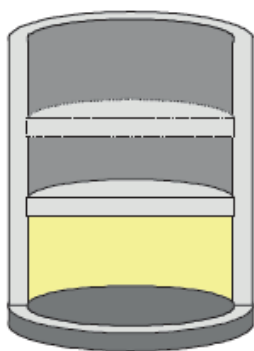
έργο.», ο οποίος είναι σύντομος και περιεκτικός, αλλά δεν προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΛ8



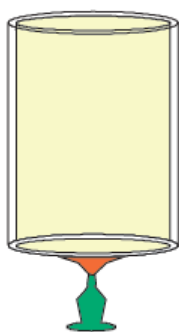
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά ως αναλογία του πρώτου θερμοδυναμικού νόμου ένα παράδειγμα μηχανικού ισοδύναμου.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει ως παράδειγμα μηχανικού ισοδύναμου με τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο αυτό της αναπαράστασης, ωστόσο η εξήγηση δίνεται στον υπότιτλο.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Η δεξαμενή τροφοδοτείται από κάποια πηγή και δίνει νερό δίκτυο, μέσω αγωγού. Η δεξαμενή παίζει το ρόλο του θερμοδυναμικού συστήματος. Το νερό μέσα στη δεξαμενή αντιστοιχεί στην εσωτερική ενέργεια, το νερό που εισέρχεται στη θερμότητα και το νερό που εξέρχεται στο μηχανικό έργο.», ο οποίος δεν είναι σύντομος, αλλά είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΛ9



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά πειραματική διαδικασία μεταβολής κατά την οποία δεν υπάρχει μεταφορά θερμότητας μεταξύ περιβάλλοντος και συστήματος.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν υπάρχει καμιά ετικέτα που να στηρίζει την ανάγνωση της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και εξηγεί την περίπτωση της αντιστρεπτής αδιαβατικής μεταβολής.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Τα τοιχώματα του δοχείου καθώς και το έμβολο είναι από μονωτικό υλικό. Στη διάρκεια της μεταβολής το αέριο δεν ανταλλάσει θερμότητα με το περιβάλλον.*», ο οποίος είναι σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

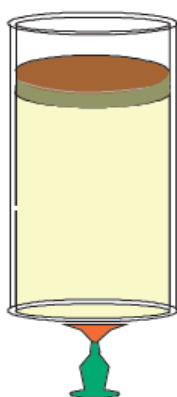
Αναπαράσταση ΦΛ10



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά τη θέρμανση αερίου σε δοχείο σταθερού όγκου.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνονται τα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει την περίπτωση ισόχωρης θέρμανσης αερίου σε δοχείο με διαθερμικό πυθμένα και παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Θέρμανση αερίου με σταθερό όγκο. Ο πυθμένας του δοχείου είναι διαθερμικός, επιτρέπει δηλαδή τη μεταφορά θερμότητας από την εστία θέρμανσης στο αέριο.*», ο

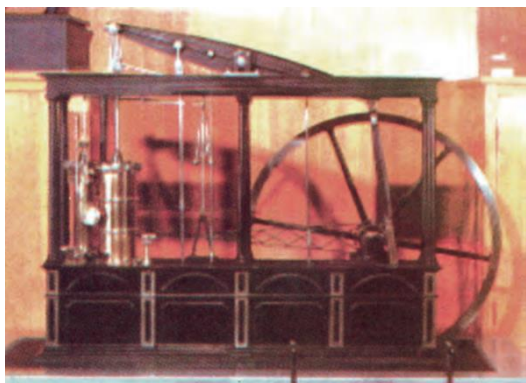
οποίος είναι σύντομος και περιεκτικός, αλλά δεν προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση. Εφόσον ο όγκος δε μεταβάλλεται, το έργο είναι μηδενικό, πληροφορία που δεν εκφράζεται στον υπότιτλο.

Αναπαράσταση ΦΛ11



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά τη θέρμανση αερίου σε δοχείο υπό σταθερή πίεση.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνονται τα στοιχεία της αναπαράστασης. Επιπλέον δε φαίνεται ότι το έμβολο ανυψώνεται με την προσφορά θερμότητας.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και αναφέρει την περίπτωση ισοβαρούς θέρμανσης αερίου. Επιπλέον, εστιάζει στην μαθηματική έκφραση του φαινομένου και δίνει ελάχιστες πληροφορίες σχετικές με την περιγραφή του.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Θέρμανση αερίου με σταθερή πίεση.*», ο οποίος είναι σύντομος και περιεκτικός, αλλά δεν προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση. Όπως και στην προηγούμενη αναπαράσταση, ούτε εδώ δίνονται πληροφορίες για το παραγόμενο έργο, για την ανύψωση του εμβόλου και την αναλογία όγκου-θερμοκρασίας, εφόσον η πίεση διατηρείται σταθερή.

Αναπαράσταση ΦΛ12



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά την ατμομηχανή του Watt.

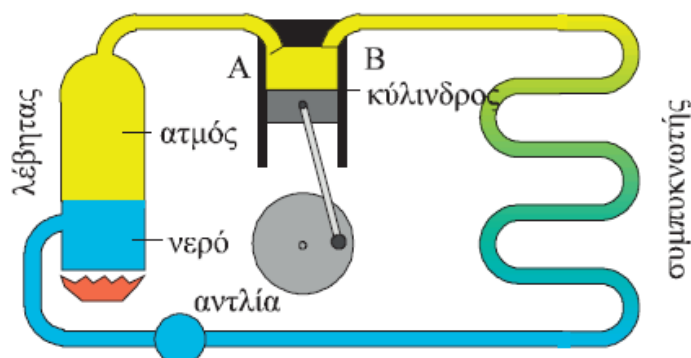
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής.

- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη. Η αναπαράσταση

παρατίθεται κυρίως ως ιστορικό στοιχείο και δεν γίνεται παραπομπή σε αυτή.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Η ατμομηχανή του Watt*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και περιεκτικός.

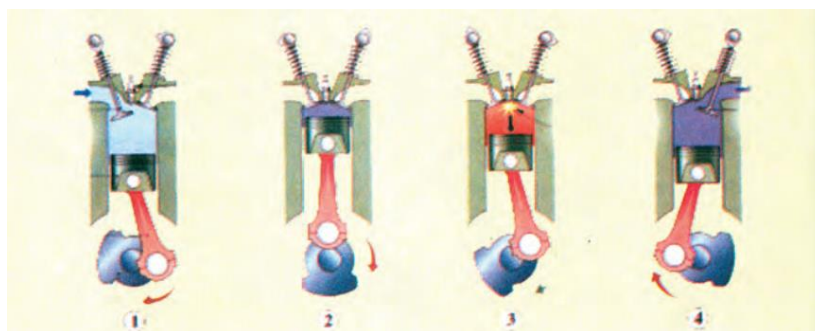
Αναπαράσταση ΦΛ13



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά το μοντέλο μιας ατμομηχανής.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν δηλώνονται όλα τα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και περιγράφει με λεπτομέρεια τον μηχανισμό με τον οποίο λειτουργεί η ατμομηχανή.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Αρχή λειτουργίας ατμομηχανής*», ο οποίος είναι σύντομος και περιεκτικός, αλλά δεν προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση. Η παράλληλη ανάγνωση του

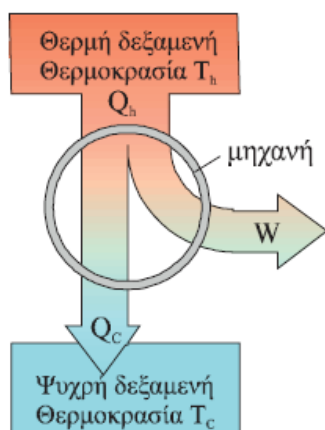
κειμένου είναι απαραίτητη για την κατανόηση της λειτουργίας της ατμομηχανής.

Αναπαράσταση ΦΛ14



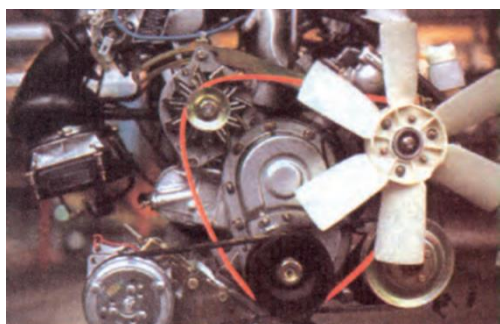
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά τον κύκλο βενζινοκινητήρα τεσσάρων χρόνων.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και μη συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει τη λειτουργία των βενζινοκινητήρων, αλλά δεν παραπέμπει στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει λεζάντα «Κύκλος βενζινοκινητήρα τεσσάρων χρόνων. (1) Το έμβολο κατεβαίνει. Η βαλβίδα εισόδου είναι ανοικτή, μίγμα βενζίνης -αέρα γεμίζει τον κύλινδρο. (2) Το έμβολο ανεβαίνει. Οι βαλβίδες είναι κλειστές και το μίγμα συμπιέζεται. (3) Το μίγμα αναφλέγεται με το σπινθήρα που προκαλεί το μπουζί και τα αέρια της καύσης απωθούν βίαια το έμβολο προς τα κάτω. (4) Το έμβολο ανεβαίνει. Η βαλβίδα εξαγωγής είναι ανοικτή και τα καυσαέρια απομακρύνονται από τον κύλινδρο.», ο οποίος δεν είναι σύντομος, όμως είναι περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΛ15



- Είδος αναπαράστασης: Συμβολική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά σχηματικά την αρχή λειτουργίας μιας θερμικής μηχανής.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής.
 - Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει τη σχηματική αναπαράσταση μιας θερμικής μηχανής, χωρίς να παραπέμπει σε αυτήν, και αναφέρει σύντομα πώς λειτουργεί μια ατμομηχανή.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Αρχή λειτουργίας μιας θερμικής μηχανής. Η κυκλική περιοχή συμβολίζει τη μηχανή η οποία δέχεται ποσό θερμότητας Q_h από τη θερμή δεξαμενή, παράγει έργο W και αποβάλλει ποσό θερμότητας Q_c στην ψυχρή δεξαμενή.», ο οποίος είναι σύντομος και περιεκτικός, ωστόσο δεν καθιστά σαφή την επαναληψιμότητα της διαδικασίας.

Αναπαράσταση ΦΛ16



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά βενζινοκινητήρα αυτοκινήτου.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής.
 - Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει τη λειτουργία των βενζινοκινητήρων νωρίτερα και δεν παραπέμπει στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Βενζινοκινητήρας αυτοκινήτου», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και περιεκτικός.

Αναπαράσταση ΦΛ17

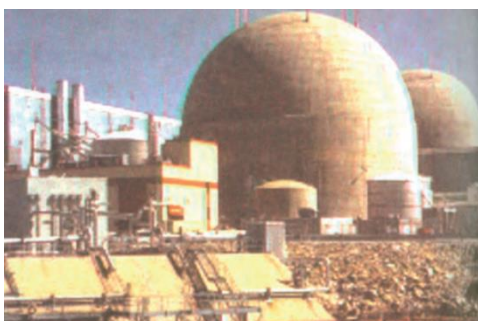


- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά ατμοστρόβιλο σε εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Δεν υπάρχει.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Ατμοστρόβιλος σε εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και περιεκτικός.

Αναπαράσταση ΦΛ18



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πυρηνικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας των Η.Π.Α.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής.

- Συνάφεια με το κείμενο: Δεν υπάρχει.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Πυρηνικό εργοστάσιο παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας στη Βιρτζίνια των Η.Π.Α. Παράγει ηλεκτρική ισχύ 900 MW και ταυτόχρονα αποβάλλει στο κοντινό ποτάμι θερμότητα με ρυθμό 2100 MW. Το εργοστάσιο αυτό όπως και τα υπόλοιπα του είδους του «πετάει» πολύ περισσότερη ενέργεια από όση αποδίδει σε χρήσιμη μορφή», ο οποίος είναι επαρκής, αλλά όχι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΛ19



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά κινητήρα Diesel.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής.
 - Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη, σε παράδειγμα της ενότητας.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Φινλανδικός κινητήρας Diesel Wartsila 12 κύλινδροι σε διάταξη V. Εσωτερική διάμετρος κυλίνδρου: 200 mm. Διαδρομή εμβόλου: 240 mm. Κυλινδρισμός: 7,54 L ανά κύλινδρο. Ισχύς: 220 kW ανά κύλινδρο για ταχύτητα 15 κόμβων», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

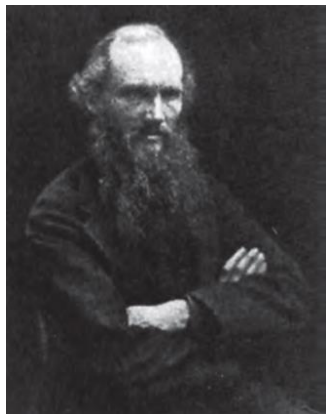
Αναπαράσταση ΦΛ20



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σύνολο σκίτσων αναπαριστά το μέρος της ενέργειας που τελικά χρησιμοποιείται για την προώθηση του αυτοκινήτου κατά την κίνησή του.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν δηλώνονται όλα τα απαραίτητα στοιχεία της αναπαράστασης.
- Συνάφεια με το κείμενο: Δεν υπάρχει.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Όταν ένα αυτοκίνητο κινείται, μόλις το ένα έκτο της ενέργειας που παρέχεται από το καύσιμο στη μηχανή αξιοποιείται για την προώθησή του», ο οποίος είναι

επαρκής σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΛ21

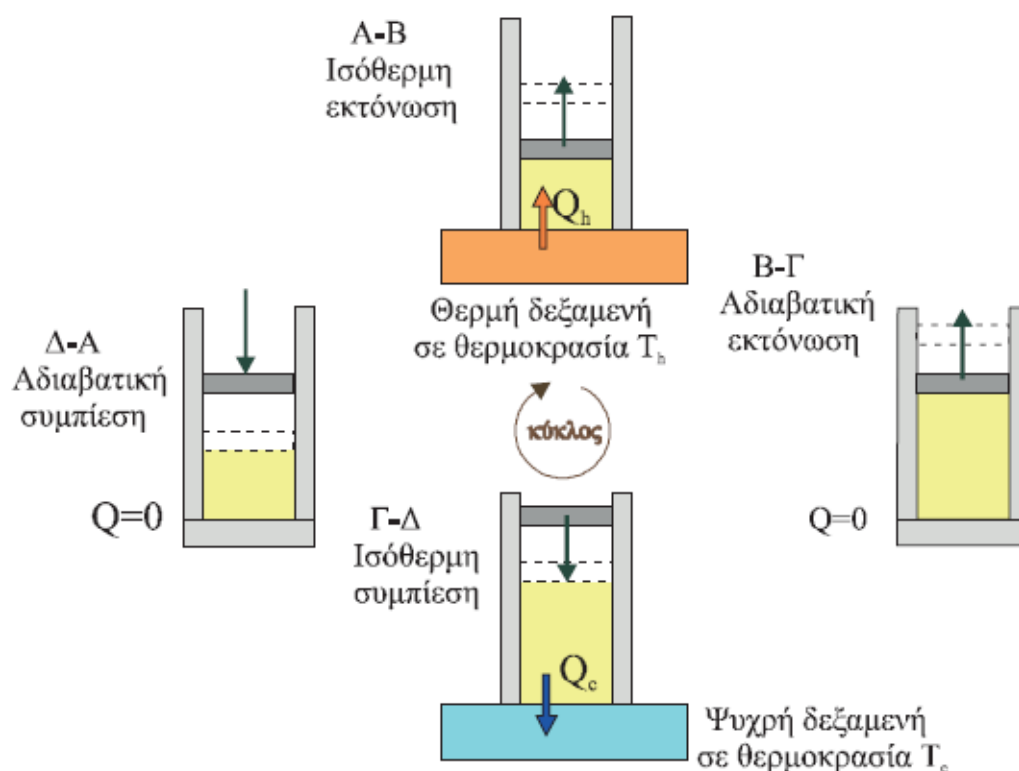


- Είδος αναπαράστασης: Δεν εμπίπτει σε κατηγορία, πρόκειται για φωτογραφική παράσταση του τον Λόρδου Κέλβιν.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής.
 - Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη. Η αναπαράσταση παρατίθεται κυρίως ως ιστορικό στοιχείο.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Λόρδος Κέλβιν (Ουίλιαμ Τόμσον) (1825-1907). Αγγλία. Από οικογένεια εύπορη αλλά ταπεινής καταγωγής ο νεαρός Ουίλιαμ ήταν ένα παιδί θαύμα. Σε ηλικία 22 ετών κατείχε την έδρα της Φυσικής Φιλοσοφίας στο πανεπιστήμιο της Γλασκόβης. Ασχολήθηκε σχεδόν με τα πάντα, με πολλούς κλάδους της φυσικής, με επιχειρήσεις (εγκατέστησε το πρώτο τηλεγραφικό καλώδιο μεταξύ Αμερικής – Ευρώπης) και με την πολιτική (πήρε τίτλο ευγενείας και ήταν μέλος της Βουλής των Λόρδων). Μια από της δεσπόζουσες προσωπικότητες της επιστήμης στο 19^ο αιώνα, σε μια εποχή που η Αγγλία κρατούσε τα σκήπτρα της επιστημονικής πρωτοπορίας», ο οποίος δεν είναι σύντομος, αλλά είναι επαρκής.

Αναπαράσταση ΦΛ22



- Είδος αναπαράστασης: Δεν εμπίπτει σε κατηγορία, πρόκειται για φωτογραφική παράσταση του Σαντί Καρνό.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής.
 - Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη. Η αναπαράσταση παρατίθεται κυρίως ως ιστορικό στοιχείο.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Σαντί Καρνό (1796-1832). Γαλλία. Στρατιωτικός και μηχανικός. Απόφοιτος της περίφημης *Ecole Polytechnique* που ίδρυσε ο Ναπολέων για να αντιπαρατεθεί στην ανωτερότητα των Άγγλων της επιστήμης», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην παράσταση.



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία μακροσκοπικά αναπαριστά τη θερμική μηχανή Carnot, ενώ παράλληλα παρουσιάζει και συμβολικά στοιχεία όπως η θερμοκρασία, η θερμότητα, η εκτόνωση και η συμπίεση του αερίου.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και μη συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει λεπτομερώς τη λειτουργία της μηχανής Carnot, ενώ δεν παραπέμπει στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Οι τέσσερις φάσεις του κύκλου Carnot. Το αέριο βρίσκεται σε δοχείο που κλείνεται με έμβολο. Το έμβολο και τα πλευρικά τοιχώματα είναι αδιαβατικά ενώ η βάση του δοχείου διαθερμική.», ο οποίος είναι σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΛ24



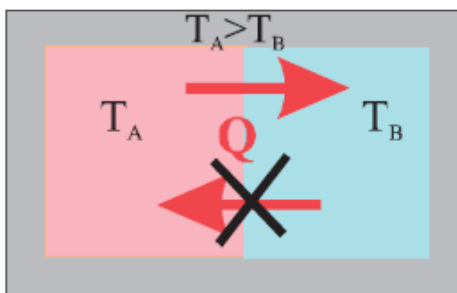
- Είδος αναπαράστασης: Δεν εμπίπτει σε κατηγορία, πρόκειται για φωτογραφική παράσταση του Ρούντολφ Κλαούζιους.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη.

Η αναπαράσταση παρατίθεται κυρίως ως ιστορικό στοιχείο.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Ρούντολφ Κλαούζιους (1822-1888). Γερμανία. Ένας από της θεμελιωτές της θερμοδυναμικής*», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και περιεκτικός.

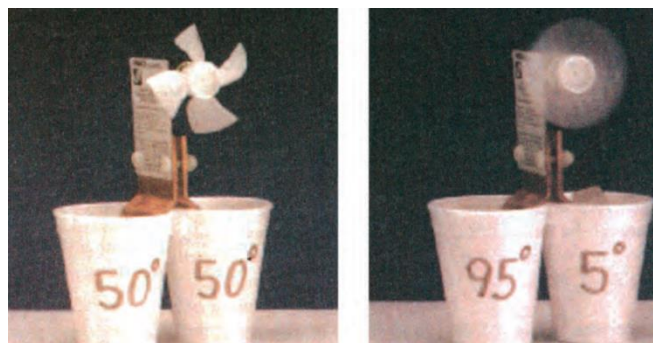
Αναπαράσταση ΦΛ25



- Είδος αναπαράστασης: Συμβολική, η οποία αναπαριστά τη μη αντιστρεπτή διαδικασία μεταφοράς θερμότητας από σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας σε σώμα με χαμηλότερη θερμοκρασία.

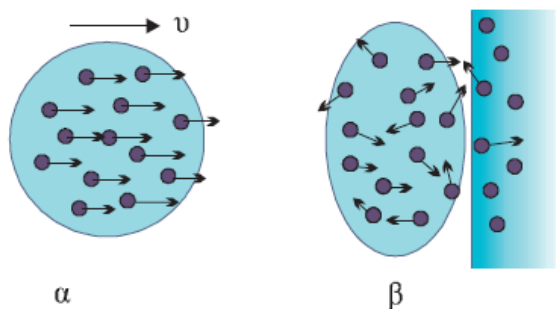
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Το σύστημα είναι μονωμένο από το περιβάλλον, το οποίο δεν παρουσιάζεται στα επιφανειακά χαρακτηριστικά.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και την επεξηγεί.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Η θερμότητα μεταφέρεται αυθόρμητα από σώματα υψηλότερης θερμοκρασίας προς σώματα χαμηλότερης. Το αντίστροφο αποκλείεται.*», ο οποίος είναι σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΛ26



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά πειραματική διαδικασία που επαληθεύει ότι η αύξηση της εντροπίας της συστήματος οδηγεί στην ελάττωση της ικανότητας του συστήματος να παράγει ωφέλιμο έργο.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Η αύξηση της εντροπίας στο πρώτο μέρος της αναπαράστασης και η παραγωγή έργου σε συνδυασμό με τη μειωμένη εντροπία στο δεύτερο μέρος της αναπαράστασης δεν παρουσιάζονται στα επιφανειακά χαρακτηριστικά.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη. Το κείμενο δεν παραπέμπει στην αναπαράσταση, ενώ αναφέρει τη γενική αρχή για την εξάρτηση της παραγωγής έργου από τη μεταβολή της εντροπίας.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «*Τα δύο χάλκινα ελάσματα όταν βρίσκονται σε διαφορετικές θερμοκρασίες αναπτύσσουν μεταξύ τους διαφορά δυναμικού που επιτρέπει τη λειτουργία του ανεμιστήρα. Στην περίπτωση (α) το σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία, έχει τη μέγιστη δυνατή εντροπία και δεν έχει δυνατότητα παραγωγής έργου. Στην περίπτωση (β) το σύστημα δεν βρίσκεται σε ισορροπία, η εντροπία του είναι μικρότερη και έχει τη δυνατότητα παραγωγής έργου*», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση αλλά δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΛ27



- Είδος αναπαράστασης: Μικροσκοπική, η οποία αναπαριστά την αύξηση εντροπίας ενός συστήματος χρησιμοποιώντας μοντέλα σφαίρας.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Δεν

υπάρχουν πληροφορίες για τους δομικούς λίθους του σώματος.

- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και περιγράφει λεπτομερώς τη μικροσκοπική πραγματικότητα κατά την αύξηση εντροπίας της αναπαράστασης.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «(α) Σώμα πολύ χαμηλής θερμοκρασίας εκτελεί μεταφορική κίνηση. Όλα τα μόριά του έχουν την ίδια ταχύτητα. (β) Το σώμα έχει συγκρουστεί με ακίνητο εμπόδιο. Οι ταχύτητες των μορίων έχουν τυχαίο προσανατολισμό. Η εντροπία, κατά τη σύγκρουση, αυξήθηκε.», ο οποίος προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, αλλά δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΦΛ28



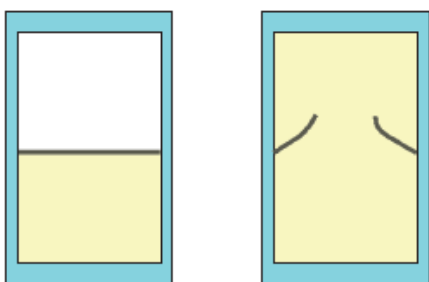
- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία αναπαριστά τοποθεσία βόρεια της Μήλου.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής.

- Συνάφεια με το κείμενο: Δεν υπάρχει.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Τα Γλαρονήσια, στα βόρεια της Μήλου, έχουν προκύψει από ηφαιστειακή δράση. Η λάβα κατά την ψύξη της πήρε ασυνήθιστα γεωμετρικά, ραβδόμορφα σχήματα. Η

εντροπία της λάβας μειώθηκε. Δεν γνωρίζουμε κάτω από ποιες συνθήκες συνέβη αυτό. Εκείνο για το οποίο μπορούμε να είμαστε βέβαιοι είναι το ότι καθώς μειωνόταν η εντροπία της λάβας, αυξανόταν η εντροπία του περιβάλλοντος», ο οποίος δεν είναι σύντομος ωστόσο είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΦΓ29

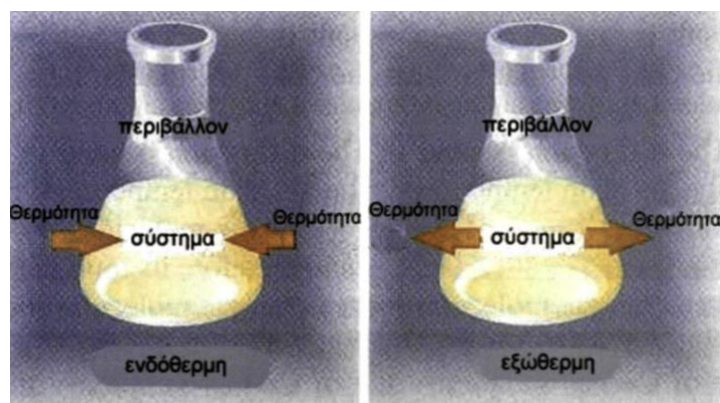


- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά πειραματική διαδικασία ελεύθερης εκτόνωσης αερίου.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ασαφής. Τα θερμικά μονωμένα τοιχώματα, το αέριο θερμοκρασίας T , ο αέρας, η μεμβράνη, η μη αντιστρεπτή φύση της διαδικασίας, η αύξηση της εντροπίας, δεν παρουσιάζονται ως επιφανειακά χαρακτηριστικά.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και περιγράφει λεπτομερώς την μη αντιστρεπτή εκτόνωση του αερίου που έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της εντροπίας.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Ελεύθερη εκτόνωση αερίου. Όταν διαρραγεί η μεμβράνη η οποία περιορίζει το αέριο, το αέριο εκτονώνεται ελεύθερα με μη αντιστρεπτό τρόπο και καταλαμβάνει όλο τον όγκο του αερίου.», ο οποίος είναι σύντομος, περιεκτικός και σαφής, όμως δεν προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση. Σκοπός της αναπαράστασης είναι η σύνδεση της μη αντιστρεπτής εκτόνωσης του αερίου με τη μεταβολή της εντροπίας, η οποία δεν αναφέρεται στον υπότιτλο.

4.3 ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ ΤΟΥ ΣΧΟΛΙΚΟΥ ΒΙΒΛΙΟΥ ΧΗΜΕΙΑΣ ΠΡΟΣΑΝΑΤΟΛΙΣΜΟΥ ΘΕΤΙΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ ΤΗΣ Β' ΛΥΚΕΙΟΥ ΣΤΗΝ ΕΝΟΤΗΤΑ «ΘΕΡΜΟΧΗΜΕΙΑ»

Η Θερμοχημεία εισάγεται ως κεφάλαιο στη Χημεία της Γ' Λυκείου στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση στην Ομάδα Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών. Το σχολικό έτος 2016-2017 το βιβλίο που διδάχθηκε στα ελληνικά σχολεία ήταν: «Χημεία Γ' Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης» με συγγραφική ομάδα τους Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π. και Κάλλης Α.. Παρακάτω ακολουθεί η παράθεση των εικονικών αναπαραστάσεων που περιέχονται σε αυτό στην ενότητα της Θερμοχημείας και ταυτόχρονα η αξιολόγησή τους με βάση τα κριτήρια του Πίνακα 1. Το αντικείμενο της παρούσας εργασίας είναι μόνο οι εικονιστικές αναπαραστάσεις με ύπαρξη λεζάντας καθώς είναι εκείνες που επιτελούν ενεργό ρόλο στη διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία.

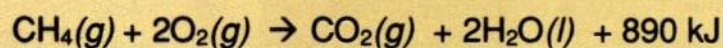
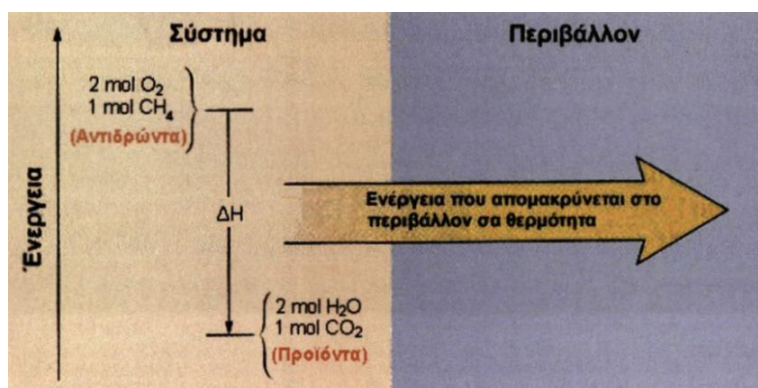
Αναπαράσταση ΧΛ1



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία με σκίτσα αναπαριστά μακροσκοπικά μια ενδόθερμη και μια εξώθερμη αντίδραση, ενώ συμβολικά αναπαριστά με βέλη την ελευθέρωση ή απορρόφηση θερμότητας στο σύστημα.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και μη συνδεδεμένη. Το κείμενο αναφέρει ποιες είναι ενδόθερμες και ποιες εξώθερμες αντιδράσεις ωστόσο δεν παραπέμπει στην αναπαράσταση.

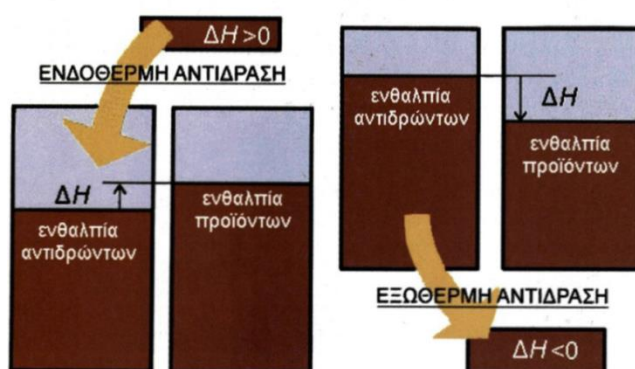
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Οι εξώθερμες αντιδράσεις ελευθερώνουν θερμότητα, ενώ οι ενδόθερμες απορροφούν», ο οποίος είναι επαρκής σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΧΛ2



- Είδος αναπαράστασης: Συμβολική, η οποία με ένα διάγραμμα αναπαριστά ενεργειακά την καύση του μεθανίου.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και μη συνδεδεμένη.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Η καύση του μεθανίου είναι εξώθερμη αντίδραση», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και περιεκτικός.

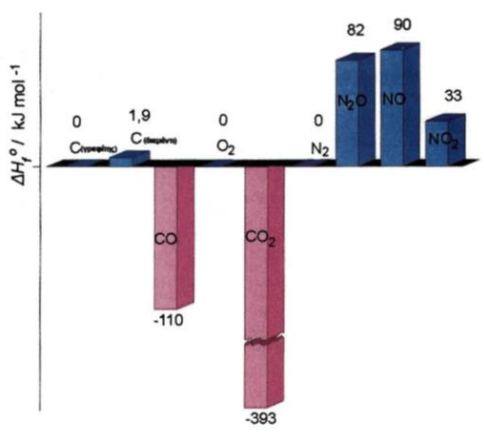
Αναπαράσταση ΧΛ3



χαρακτηριστικά.

- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και μη συνδεδεμένη.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Η ενθαλπία είναι σαν ένα «ντεπόζιτο» που περιέχει την ενέργεια του αντιδρώντος συστήματος. Το «ντεπόζιτο» αυτό γεμίζει της ενδόθερμες αντιδράσεις και αδειάζει της εξώθερμες», ο οποίος είναι σύντομος, αλλά ασαφής.

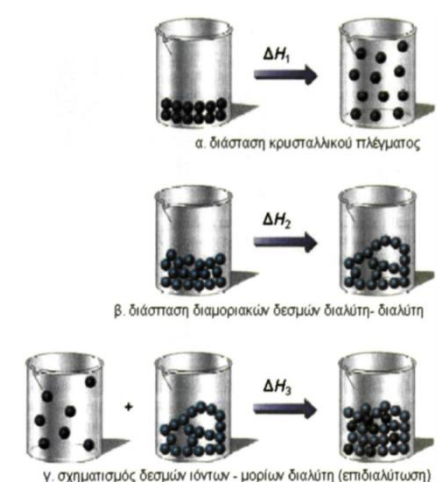
Αναπαράσταση ΧΛ4



- Είδος αναπαράστασης: Συμβολική, η οποία με ένα διάγραμμα αναπαριστά πρότυπες ενθαλπίες σχηματισμού.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής.
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Πρότυπες ενθαλπίες σχηματισμού οξειδίων του άνθρακα και αζώτου. Οι τιμές ΔH_f^0 των οξειδίων του αζώτου είναι θετικές, πράγμα που σημαίνει ότι η αντίδραση σχηματισμού τους από τα συστατικά τους στοιχεία είναι ενδόθερμη αντίδραση. Αντίθετα, οι τιμές ΔH_f^0 των οξειδίων του άνθρακα είναι αρνητικές, που σημαίνει ότι η αντίδραση σχηματισμού τους από τα συστατικά τους στοιχεία είναι εξώθερμη αντίδραση. Γενικά, όσο πιο μικρή είναι η τιμή ΔH_f^0 , τόσο πιο

σταθερή θεωρείται η ένωση (σε σχέση με τα στοιχεία της)», ο οποίος δεν είναι σύντομος άρα ούτε και περιεκτικός, αλλά είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΧΛ5



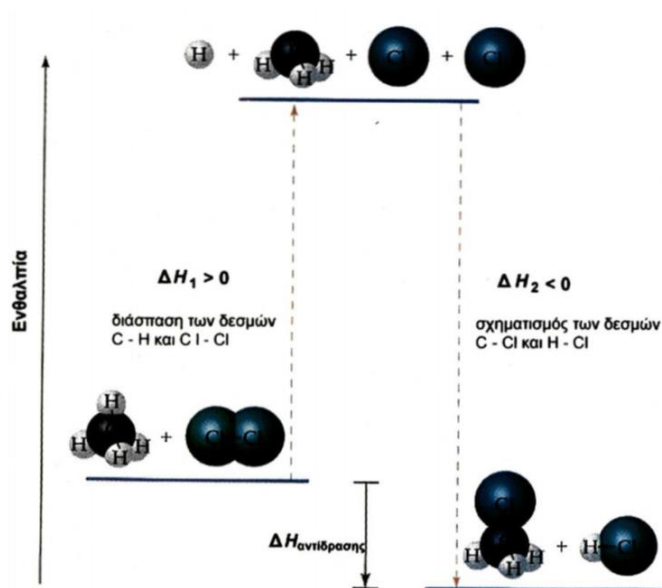
- Είδος αναπαράστασης: Μικροσκοπική, η οποία αναπαριστά τα στάδια διάλυσης μιας ουσίας σε έναν διαλύτη.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δηλώνεται μέρος των στοιχείων της αναπαράστασης.

- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και μη συνδεδεμένη.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Η διάλυση μια ουσίας σ' ένα διαλύτη περιλαμβάνει τρία στάδια. Τα δύο πρώτα απαιτούν ενέργεια, ενώ το τρίτο ελευθερώνει ενέργεια. Η θερμότητα διάλυσης δίνεται από τη σχέση: $\Delta H_{\text{sol}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3.$ ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Αναπαράσταση ΧΛ6



- Είδος αναπαράστασης: Συμβολική η οποία με ένα διάγραμμα αναπαριστά την ενθαλπία μιας αντίδρασης.

- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται εσωτερικά τα αντιδρώντα.

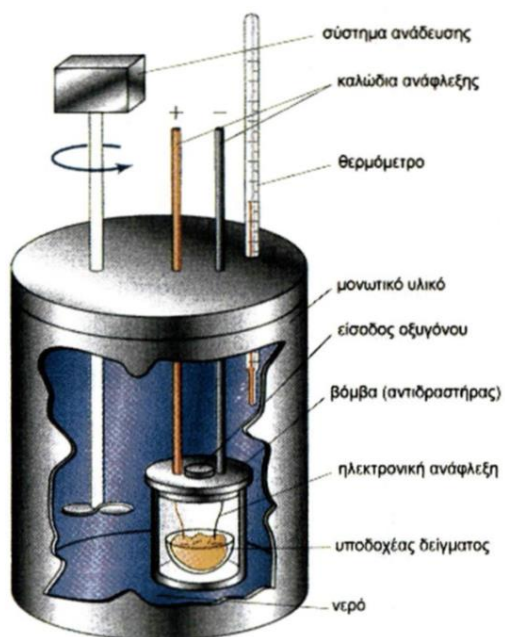
- Συνάφεια με το κείμενο: Μερική και μη συνδεδεμένη.

- Ύπαρξη και ιδιότητες

λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Η ενθαλπία αντίδρασης ισούται με $\Delta H = \Delta H_1 + \Delta H_2$, όπου ΔH_1 η ενέργεια που απαιτείται για τη διάσπαση των δεσμών C-H, Cl-Cl και ΔH_2 η ενέργεια που ελευθερώνεται για το σχηματισμό

των δεσμών C-Cl και H-Cl $\text{CH}_4 + \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CH}_3\text{Cl} + \text{HCl}$ ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, αλλά δεν είναι σύντομος.

Αναπαράσταση ΧΛ7



- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά ένα θερμιδόμετρο.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Επαρκής. Δηλώνονται εσωτερικά τα στοιχεία.
 - Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση και περιγράφει τη λειτουργία του θερμιδομέτρου.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Θερμιδόμετρο βόμβας», ο οποίος είναι σύντομος και περιεκτικός, ωστόσο δεν είναι επαρκής καθώς δεν αναφέρει ότι είναι ειδική συσκευή που μετράει τη θερμότητα που εκλύεται ή απορροφάται σε μια αντίδραση.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

ΚΡΙΤΗΡΙΟ C1: Είδος αναπαράστασης							
	Μακροσκοπική	Μικροσκοπική	Συμβολική	Πολλαπλή	Υβριδική	Δεν εμπίπτει	Σύνολο
Β' Γυμνασίου	66	3	-	1	13	1	84
Φυσική Β' Λυκείου	19	1	3	-	3	3	29
Χημεία Γ' Λυκείου	1	1	4	-	1	-	7

ΚΡΙΤΗΡΙΟ C2: Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών				
	Επαρκής	Ελλιπής	Ασαφής	Σύνολο
Β' Γυμνασίου	30	27	27	84
Φυσική Β' Λυκείου	3	9	17	29
Χημεία Γ' Λυκείου	5	2	-	7

ΚΡΙΤΗΡΙΟ C3: Συνάφεια κειμένου						
	Απόλυτη και συνδεδεμένη	Απόλυτη και μη συνδεδεμένη	Μερική και συνδεδεμένη	Μερική και μη συνδεδεμένη	Δεν υπάρχει	Σύνολο
Β' Γυμνασίου	58	1	16	4	5	84
Φυσική Β' Λυκείου	8	6	-	11	4	29
Χημεία Γ' Λυκείου	1	4	-	2	-	7

ΚΡΙΤΗΡΙΟ C4: Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας				
	Ύπαρξη κατάλληλης λεζάντας	Ύπαρξη προβληματικής λεζάντας	Δεν υπάρχει	Σύνολο
Β' Γυμνασίου	78	6	-	84
Φυσική Β' Λυκείου	23	6	-	29
Χημεία Γ' Λυκείου	5	2	-	7

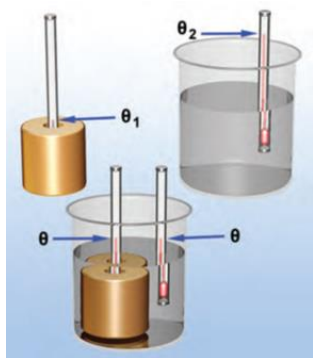
4.4 Διδακτική αξιολόγηση των επιστημονικά άρτιων αναπαραστάσεων

Η ταξινόμηση των αναπαραστάσεων γίνεται σε πρώτο στάδιο με τα κριτήρια του Πίνακα1 (Gkitzia, 2011). Η βάση για περαιτέρω ανάλυση στην παρούσα εργασία είναι κυρίως το κριτήριο της συνάφειας της εικόνας με το κείμενο και η επαρκής ερμηνεία των επιφανειακών χαρακτηριστικών. Η συνάφεια θα πρέπει να είναι «απόλυτη και συνδεδεμένη». Όμως η σύνδεση αυτή θα πρέπει να διαθέτει επιπλέον παιδαγωγικά και επιστημονικά χαρακτηριστικά, όπως για παράδειγμα συγκεκριμενοποίηση με πρότυπο παράδειγμα, οπτικοποίηση, χαρακτηριστικά κύριας έννοιας, εννοιολογικός χάρτης (σύμφωνα με τις αρχές Novak), εξήγηση πολύπλοκων διαδικασιών κτλ. Οι εικόνες που πληρούν τα χαρακτηριστικά της συνάφειας με το κείμενο, αλλά επιπλέον διαθέτουν και επιφανειακά χαρακτηριστικά στο επίπεδο του επαρκούς και λεζάντα κατάλληλη θα αναλυθούν περαιτέρω με τα κριτήρια Ματσαγγούρα (Πίνακας 2).

Υπάρχουν αναπαραστάσεις (όπως οι ΦΓ9, ΦΓ44, ΦΓ45, ΦΓ61 ,ΦΓ62, ΦΓ77) οι οποίες παρόλο που συνδέονται απόλυτα με το κείμενο και ικανοποιούν αρκετά χαρακτηριστικά, δεν συντελούν ιδιαίτερα στην επίτευξη διδακτικο-μαθησιακών στόχων. Επίσης, άλλες (όπως οι ΦΓ78, ΦΓ79, ΦΓ80, ΦΓ81, ΦΓ84, ΦΛ1, ΦΛ3, ΦΛ6, ΦΛ7) οι οποίες δεν ικανοποιούν τα επιθυμητά χαρακτηριστικά και παράλληλα φαίνεται να διαδραματίζουν κυρίως διακοσμητικό ρόλο στα εγχειρίδια. Τέλος, οι αναπαραστάσεις οι οποίες ικανοποιούν επαρκώς όλα τα χαρακτηριστικά, αλλά επιπλέον διαθέτουν και παιδαγωγικά χαρακτηριστικά, είναι εκείνες με τις οποίες θα ασχοληθούμε, θα αξιολογήσουμε την κειμενική τους λειτουργία και στη συνέχεια θα κάνουμε προτάσεις για τη διδακτική τους αξιοποίηση.

Αναπαραστάσεις που ικανοποιούν ενδοκλαδικά και παιδαγωγικά κριτήρια

Αναπαράσταση ΦΓ13



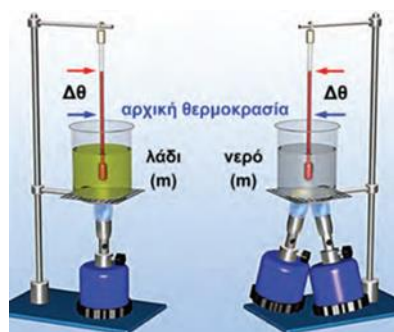
Διδακτικός Σχολιασμός της Εικόνας: Μακροσκοπική αναπαράσταση, η οποία απεικονίζει πειραματική διαδικασία θερμικής εξισορρόπησης μέσω επαφής νερού και μετάλλου. Εντάσσεται στο κεφάλαιο «Θερμότητα» και συγκεκριμένα στην παράγραφο «Θερμότητα: μια μορφή ενέργειας». Επεξηγεί την αόρατη διαδικασία μεταφοράς θερμότητας από το σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας (νερό)

στο σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας (μέταλλο), η οποία γίνεται αντιληπτή μόνο εκ του αποτελέσματος με την μεταβολή της ένδειξης του θερμομέτρου και των αισθήσεων μας. Στόχοι: Η οικοδόμηση της επιστημονικής γνώσης ότι μεταξύ δύο σωμάτων με διαφορετικές αρχικές θερμοκρασίες που έρχονται σε επαφή μεταφέρεται θερμότητα από το σώμα υψηλότερης θερμοκρασίας στο σώμα χαμηλότερης θερμοκρασίας έως ότου αποκαθίσταται θερμική ισορροπία. Επιπλέον, σύνδεση με την καθημερινή ζωή μέσω της επισήμανσης του κειμένου ότι με την εφαρμογή της θερμικής ισορροπίας έχουμε τη δυνατότητα να μετρήσουμε τη θερμοκρασία ενός σώματος. Η εικόνα οπτικοποιεί πειραματική διαδικασία και επαναλαμβάνει το περιεχόμενο του κειμένου. Συγκεκριμενοποιεί επίσης την έννοια της θερμικής ισορροπίας ύστερα από επαφή των δύο σωμάτων. Ο συνδυασμός εικόνας και κειμένου αναμένεται να λειτουργήσει δημιουργικά, καθώς προσελκύει την προσοχή των μαθητών χωρίς ιδιαίτερες απαιτήσεις σε επιστημονική γνώση.

Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση μιας πειραματικής διαδικασίας μεταφοράς θερμικής ενέργειας, μπορεί να αξιοποιηθεί διδακτικά σε όλες τις φάσεις της διδασκαλίας. Στην αρχή της παραγράφου προτείνεται να χρησιμοποιηθεί ως ερέθισμα (πριν ακόμα διασαφηνιστεί η έννοια της θερμότητας) και κίνητρο για ανάπτυξη υποθέσεων. Στην ροή του μαθήματος και παράλληλα με τον ορισμό της έννοιας της θερμότητας μπορεί να συνοδευτεί με καταιγισμό ιδεών και ερωτήματα του τύπου: *Τι νομίζετε ότι μεταφέρεται; Τι διαφορά έχει η θερμότητα με τη θερμοκρασία; Θα μπορούσαν δύο σώματα με διαφορά θερμοκρασίας που έρχονται σε επαφή να μην ανταλλάσσουν ενέργεια;* Στο τέλος του μαθήματος ενδείκνυται για

εμπέδωση του φαινομένου και έλεγχο της κατανόησης του περιεχομένου με αναφορά και άλλων εφαρμογών μεταφοράς ενέργειας λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Σε κάθε περίπτωση ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να τονίσει ότι τα υπό εξέταση σώματα έρχονται σε επαφή, ότι η θερμότητα δεν αποθηκεύεται στα σώματα και να βεβαιωθεί ότι οι μαθητές μπορούν να διακρίνουν τη διαφορά μεταξύ των εννοιών της θερμότητας και της θερμοκρασίας.

Αναπαράσταση ΦΓ16



Διδακτικός Σχολιασμός της Εικόνας: Μακροσκοπική αναπαράσταση, η οποία απεικονίζει πειραματική διαδικασία με βάση την οποία διαπιστώνουμε την εξάρτηση της απαιτούμενης θερμότητας από το είδος ενός υλικού για συγκεκριμένη μεταβολή θερμοκρασίας δύο σωμάτων. Εντάσσεται στο κεφάλαιο «Θερμότητα» και συγκεκριμένα στην

παράγραφο «Πώς μετράμε τη θερμότητα» και αποτελεί το τελευταίο μέρος από μια σειρά τριών πειραμάτων (ΦΓ14, ΦΓ15, ΦΓ16) που εξετάζουν ανάλογες ιδιότητες. Επεξηγεί τη σχέση μεταξύ προσφερόμενης θερμότητας και διαφορετικών υλικών με σκοπό την ίδια μεταβολή της θερμοκρασίας. Στόχοι: Ο προσδιορισμός της διαδικασίας μέτρησης της θερμότητας και των μεγεθών από τα οποία εξαρτάται, επεξήγηση δηλαδή του νόμου της θερμιδομετρίας με μαθηματική σχέση $Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$, αλλά παράλληλα και σύνδεση με την καθημερινή ζωή, αναφέροντας αρχικά στην παράγραφο προς προβληματισμό ότι «..θερμαίνουμε στην ίδια εστία ίσες ποσότητες νερού και γάλατος, το γάλα ζεσταίνεται γρηγορότερα». Η εικόνα οπτικοποιεί πειραματική διαδικασία επαναλαμβάνοντας το περιεχόμενο του κειμένου, ενώ παράλληλα εισάγει και συγκεκριμενοποιεί την έννοια της ειδικής θερμότητας. Διευκολύνει την κατανόηση του κειμένου, εξηγεί και υποστηρίζει οπτικά το νόμο της θερμιδομετρίας. Ο συνδυασμός εικόνας και κειμένου διευκολύνει την κατανόηση του θέματος και την εισαγωγή της έννοιας της ειδικής θερμότητας.

Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση μιας πειραματικής διαδικασίας επεξήγησης της εξάρτησης της απαιτούμενης προσφερόμενης θερμότητας από το

είδος των υλικών για συγκεκριμένη μεταβολή θερμοκρασίας δύο σωμάτων, προτείνεται να αξιοποιηθεί διδακτικά στο τέλος του μαθήματος. Μπορεί να γίνει αναφορά στην αρχή του μαθήματος σε σύνδεση με την καθημερινή ζωή ως έναυσμα, ωστόσο δεδομένου ότι αφενός ενέχει μεγαλύτερη πολυπλοκότητα συγκριτικά με τα αποτελέσματα των άλλων δύο πειραμάτων της παραγράφου και αφετέρου εισάγει την έννοια της ειδικής θερμότητας που ακολουθεί, είναι προτιμότερο να προηγηθεί η επεξήγηση των άλλων συμπερασμάτων. Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός μπορεί να παραπέμψει τους μαθητές να δοκιμάσουν ανάλογες διαδικασίες στο σπίτι και να καταγράψουν τι παρατηρούν, ώστε να επιβεβαιώσουν τα αντίστοιχα συμπεράσματα. Βάσει του αναλυτικού προγράμματος παρατηρούμε ότι κύρια επιδίωξη είναι η ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να διατυπώνουν και να εφαρμόζουν το νόμο της θερμιδομετρίας χρησιμοποιώντας τη μαθηματική σχέση.

Αναπαράσταση ΦΓ26



Διδακτικός Σχολιασμός της Εικόνας:

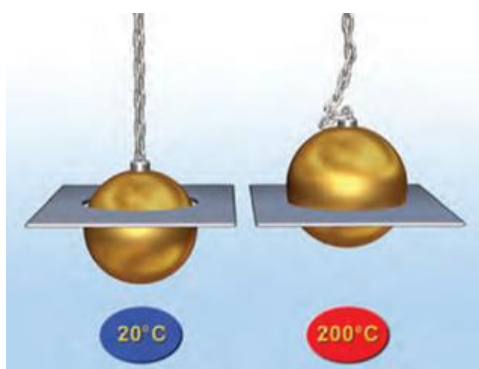
Υβριδική αναπαράσταση, η οποία σε μακροσκοπικό επίπεδο απεικονίζει πειραματική διαδικασία θέρμανσης ενός αερίου με αποτέλεσμα την παραγωγή έργου και σε συμβολικό επίπεδο οπτικοποιεί τη μεταφορά ενέργειας καθώς και τον

μετασχηματισμό της από μια μορφή σε μια άλλη. Εντάσσεται στο κεφάλαιο «Θερμότητα» και συγκεκριμένα στο τέλος της παραγράφου «Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος». Επεξηγεί την αόρατη διαδικασία μεταφοράς θερμότητας με αποτέλεσμα την παραγωγή έργου και την ώθηση του εμβόλου προς τα πάνω, η οποία γίνεται αντιληπτή μόνο εκ του αποτελέσματος. Στόχοι: Η εμπέδωση του πρώτου θερμοδυναμικού νόμου και η οικοδόμηση της υψίστης σημασίας επιστημονικής γνώσης ότι η ενέργεια δεν καταστρέφεται, ούτε δημιουργείται, παρά μόνο μεταφέρεται. Επίσης, σύνδεση με την καθημερινότητα, καθώς οι μηχανές των αυτοκινήτων στηρίζουν τη λειτουργία τους στην αρχή διατήρησης της ενέργειας. Η εικόνα οπτικοποιεί πειραματική διαδικασία, επαναλαμβάνει το περιεχόμενο του κειμένου, εξηγεί πολύπλοκη διαδικασία (βάσει αυτού του νόμου αναπτύχθηκαν οι θερμικές μηχανές) και επιπλέον προσφέρει οπτική μνημονική στήριξη για

συγκράτηση δεδομένων, με τη χρήση του βέλους που συμβολίζει ότι η μεταφερόμενη-μετασχηματιζόμενη ενέργεια ακολουθεί μια συγκεκριμένη πορεία προς τα επάνω. Ο συνδυασμός εικόνας και κειμένου διευκολύνει σημαντικά τον εκπαιδευτικό στην επεξήγηση του πρώτου θερμοδυναμικού νόμου και την κατανόησή του από τους μαθητές.

Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση πειραματικής διαδικασίας με βάση την οποία διαπιστώνουμε τη μεταφορά ενέργειας και τον μετασχηματισμό της από μια μορφή σε μια άλλη, προτείνεται να αξιοποιηθεί στη ροή του μαθήματος, αφού ο εκπαιδευτικός έχει βεβαιωθεί ότι οι μαθητές μπορούν να προσδιορίζουν και να αναπτύσσουν τις έννοιες της χημικής ενέργειας, της θερμικής ενέργειας, της εσωτερικής ενέργειας και της μηχανικής ενέργειας, τις οποίες έχουν διδαχθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Μπορεί να αξιοποιηθεί ταυτόχρονα με ερωτήσεις, όπως: *Παρατηρήστε τη φορά του βέλους. Από πού ξεκινάει και που καταλήγει; Μπορείτε να εξηγήσετε την διαδικασία περιφραστικά;* Ενδείκνυται επιπλέον η επίδειξη σχετικών εικόνων και βίντεο με θερμικές μηχανές, αλλά και η διαθεματική σύνδεση με τη Χημεία και τη Βιολογία με αναφορά στη μεταφορά χημικής ενέργειας στον άνθρωπο με την πρόσληψη τροφής και τον μετασχηματισμό της σε κινητική για παραγωγή έργου. Προτείνεται επίσης, ως ανάθεση εργασίας για το σπίτι, η αναζήτηση και άλλων εφαρμογών στις οποίες συμβαίνει μεταφορά ενέργειας και μετασχηματισμός από μια μορφή σε μια άλλη.

Αναπαράσταση ΦΓ28

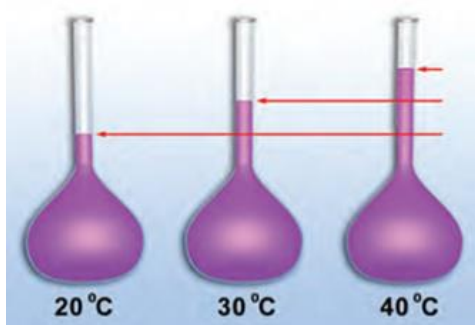


Διδακτικός Σχολιασμός της Εικόνας: Μακροσκοπική αναπαράσταση, η οποία με ένα σκίτσο απεικονίζει τη θερμική διαστολή μιας σφαίρας καθώς αυξάνουμε τη θερμοκρασία της. Εντάσσεται στο κεφάλαιο «Θερμότητα» και συγκεκριμένα εισάγει την παράγραφο «Θερμική διαστολή και συστολή». Οπτικοποιεί το φαινόμενο της θερμικής διαστολής, δηλαδή της αύξησης του όγκου μιας σφαίρας, η οποία δε χωράει πια στο δαχτυλίδι, ύστερα από την αύξηση της θερμοκρασίας της. Στόχοι: Η κατανόηση του

φαινομένου της θερμικής διαστολής και συστολής και η σύνδεση με την καθημερινότητα αναφέροντας τη δυσκολία που αντιμετωπίζουμε στο άνοιγμα ενός βάζου, αφού το τοποθετήσουμε στο ψυγείο. Η συγκεκριμένη οπτική αφήγηση εξυπηρετεί την αποκωδικοποίηση και οπτικοποίηση του φαινομένου της διαστολής της σφαίρας, επαναλαμβάνει το περιεχόμενο του βιβλίου εν μέρει, συγκεκριμενοποιεί το φαινόμενο της διαστολής και διευκολύνει την κατανόηση του κειμένου. Επιπλέον, συγκρίνει τη μορφή παρόμοιων δεδομένων, εφόσον πρόκειται για την ίδια σφαίρα σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Προσφέρεται ως κίνητρο για εξοικείωση με το φαινόμενο και περαιτέρω διερεύνηση σε πιο περίπλοκες προεκτάσεις, όπως η γραμμική διαστολή, η επιφανειακή διαστολή και η διαστολή υγρών και αερίων που συζητούνται στη συνέχεια.

Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση της θερμικής διαστολής μιας μεταλλικής σφαίρας αφού έχουμε αυξήσει τη θερμοκρασία της, προσφέρεται για αξιοποίηση στην αρχή του μαθήματος ως ερέθισμα και επιπλέον για ανάκληση της βιωματικής γνώσης και κατανόηση της εμπειρίας. Προτείνεται επίσης και στη ροή του μαθήματος, παράλληλα με την εξήγηση του φαινομένου από τον εκπαιδευτικό με σκοπό την οπτική μνημονική στήριξη. Ενδείκνυται ύστερα η αναφορά και άλλων εφαρμογών από την καθημερινή ζωή, όπως για παράδειγμα μια διαθεματική συσχέτιση της εφαρμογής στον άνθρωπο δανεισμένη από την Βιολογία, ώστε οι μαθητές να καταλάβουν την ενοποίηση των επιστημών. Συγκεκριμένα, μπορούμε να πούμε ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος στον άνθρωπο, τα αγγεία διαστέλλονται και αποβάλλουν θερμότητα, ώστε να ρυθμίσουν τη θερμοκρασία του μέσω του ομοιοστατικού μηχανισμού. Η ανάγνωση της φωτογραφίας δεν προϋποθέτει ιδιαίτερη επιστημονική προϋπάρχουσα γνώση, γεγονός που επιτρέπει την εμπέδωση της πληροφορίας από μεγάλο μέρος ενός δυνητικά μαθησιακά ετερογενούς πληθυσμού σε μια τάξη.

Αναπαράσταση ΦΓ34



Διδακτικός Σχολιασμός της Εικόνας:

Μακροσκοπική αναπαράσταση, η οποία με ένα σκίτσο απεικονίζει τη συσχέτιση της αύξησης του όγκου ενός υγρού με την αύξηση της θερμοκρασίας του. Εντάσσεται στο κεφάλαιο «Θερμότητα» και συγκεκριμένα στο τέλος της παραγράφου «Θερμική διαστολή και συστολή». Στόχοι: Η κατανόηση της συσχέτισης της αύξησης της θερμοκρασίας με την αύξηση του όγκου ενός υλικού και η ανάπτυξη της ικανότητας να αναφέρουν εφαρμογές και προβλήματα της καθημερινής ζωής που οφείλονται στην διαστολή. Είναι σαφής, εύκολα κατανοητή και συμπυκνώνει την λεκτική πληροφορία του κειμένου. Η εικόνα υποστηρίζεται από το κείμενο στο οποίο γίνεται λόγος για τα συμπεράσματα που εξάγονται, εάν πειραματιστούμε αυξάνοντας τη θερμοκρασία σε ποικίλα υγρά και μετρήσουμε την αντίστοιχη μεταβολή του όγκου. Σε συνδυασμό με τις εικόνες ΦΓ35 και ΦΓ36 μπορούν να λειτουργήσουν ως οπτική μνημονική στήριξη για την απομνημόνευση, αναπαραγωγή και εφαρμογή του νόμου της κυβικής διαστολής. Αναμένεται ότι θα συμβάλλει σημαντικά στην εμπέδωση της πληροφορίας και στη συσχέτιση με την εμπειρία των μαθητών από βιωματικές διαδικασίες.

Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση μιας πειραματικής διαδικασίας η οποία δηλώνει την αναλογία μεταξύ αύξησης της θερμοκρασίας ενός υλικού και αύξησης του όγκου του, προτείνεται να αξιοποιηθεί στη ροή του μαθήματος παράλληλα με την επεξήγηση του λεκτικού κειμένου αναφορικά με τα συμπεράσματα που εξάγονται από την υλοποίηση του πειράματος. Μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για συζήτηση και αναζήτηση εφαρμογών και προβλημάτων της καθημερινής ζωής που οφείλονται στη διαστολή. Επιπλέον, σε συνδυασμό με την αναπαράσταση ΦΓ37 η οποία με ένα διάγραμμα απεικονίζει τη μεταβολή του όγκου ενός σώματος για ποικίλα υλικά, όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί κατά 1°C , μπορούν να τεθούν ερωτήσεις όπως: *Με βάση την ανάγνωση των δύο εικόνων, πώς νομίζετε ότι λειτουργεί το θερμόμετρο υδραργύρου; Θα μπορούσαμε να αντικαταστήσουμε τον υδράργυρο με νερό; Γιατί; Ίσως έχετε παρατηρήσει κατά τους καλοκαιρινούς μήνες το ρεζερβουάρ ενός αυτοκινήτου που μόλις γέμισε με καύσιμα και παρέμεινε σε ακινησία στον ήλιο να*

ξεχειλίζει, γιατί νομίζετε ότι μπορεί να συμβαίνει αυτό; Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στο τέλος του μαθήματος για έλεγχο της κατανόησης της κυβικής διαστολής και να ζητηθεί από τους μαθητές να διατυπώσουν υπότιτλο με βάση την οπτική ανάγνωση.

Αναπαράσταση ΦΓ46



Διδακτικός Σχολιασμός της Εικόνας:

Μακροσκοπική αναπαράσταση, η οποία με ένα σκίτσο απεικονίζει τις πιθανές καταστάσεις του νερού μέσα σε ένα δοχείο (στερεής, υγρής και αέριας κατάστασης). Εντάσσεται στο κεφάλαιο «Αλλαγές κατάστασης» και συγκεκριμένα στην εισαγωγή του. Στόχοι: Η διάκριση των τριών καταστάσεων της ύλης και η οπτικοποίησή τους.

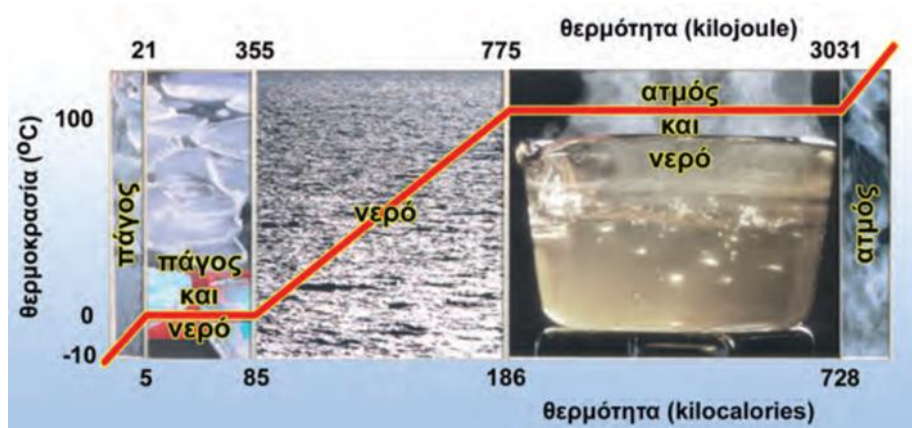
Η εικόνα επαναλαμβάνει τη λεκτική πληροφορία

και προετοιμάζει τους μαθητές για το περιεχόμενο που θα συζητηθεί στη συνέχεια. Είναι σχετικά εύκολα αντιληπτή καθώς σε ένα βαθμό ταυτίζεται με την γνώση που προέρχεται από τη βιωματική εμπειρία των μαθητών, όσον αφορά στο επίπεδο της υγρής και της στερεάς κατάστασης. Το σκίτσο στοχεύει στην ενεργοποίηση των μαθητών και είναι ικανό να τους εμπλέξει στην διαδικασία της μάθησης. Η εικόνα συγκεκριμενοποιεί τις τρεις καταστάσεις της ύλης με παράθεση προ-τυπικού παραδείγματος και μπορεί να αποτελέσει οπτικό προοργανωτή για διευκόλυνση της μάθησης και συγκράτηση των πληροφοριών. Η συγκεκριμένη οπτική αφήγηση θεωρείται αποτελεσματική διότι αναμένεται να προκαλέσει το ενδιαφέρον, να συμβάλλει στην οικοδόμηση της γνώσης και να βελτιώσει τις επιδόσεις τους.

Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση των τριών πιθανών καταστάσεων ενός υλικού η οποία συνδέεται με τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας, προτείνεται να αξιοποιηθεί στην αρχή του μαθήματος, ως ερέθισμα και προετοιμασία για το περιεχόμενο. Η στερεή και η υγρή κατάσταση των υλικών είναι εύκολα αντιληπτή εφόσον είναι ορατή, ωστόσο η αέρια κατάσταση ενδείκνυται να συζητηθεί παραπάνω. Μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να ανακαλέσουν περιπτώσεις

από την καθημερινή τους εμπειρία που αντιλαμβάνονται την αέρια κατάσταση ενός υλικού, παρόλο που δεν τη βλέπουν. Ο σκοπός της παράθεσης στην παρούσα εισαγωγική φάση είναι κυρίως η πληροφόρηση και η εμπέδωση της πληροφορίας ότι η κατάσταση ενός υλικού σχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία.

Αναπαράσταση ΦΓ53



Διδακτικός Σχολιασμός της Εικόνας: Υβριδική αναπαράσταση, η οποία με ένα διάγραμμα απεικονίζει παράλληλα τα σκαλοπάτια των μεταβολών κατάστασης του νερού και τον τρόπο που η θερμότητα και η θερμοκρασία παίζουν ρόλο σε αυτές τις μεταβολές. Εντάσσεται στο κεφάλαιο «Αλλαγές κατάστασης» και συγκεκριμένα στο τέλος της παραγράφου «Αλλαγές κατάστασης και θερμότητα». Στόχοι: Η οικοδόμηση της γνώσης ότι κατά τη διάρκεια των αλλαγών κατάστασης ενός υλικού συνυπάρχουν οι δύο φάσεις και η θερμοκρασία παραμένει σταθερή. Η ανάγνωση και επεξεργασία της συγκεκριμένης οπτικής αφήγησης μπορεί να καλύψει τους αντικειμενικούς στόχους του μαθήματος και να βοηθήσει στην εξοικείωση με την ερμηνεία ενός τέτοιου διαγράμματος. Ωστόσο πρέπει να επισημάνουμε ότι η ανάγνωσή της δεν μπορεί να χαρακτηριστεί ιδιαίτερα εύκολη, αν συνυπολογίσουμε τις μαθηματικές δεξιότητες των μαθητών. Η εικόνα επαναλαμβάνει εν μέρει το περιεχόμενο του κειμένου και αναπαριστά γραφικώς δεδομένα που παρατίθενται λεκτικά. Αναμένεται να διευκολύνει την κατανόηση και αποκωδικοποίηση του κειμένου και να λειτουργήσει δημιουργικά καλλιεργώντας την κριτική σκέψη των μαθητών.

Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση ενός γραφήματος σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες καταστάσεις της ύλης σε κάθε περιοχή, προτείνεται να αξιοποιηθεί στο τέλος του μαθήματος για εμπέδωση της πληροφορίας. Λαμβάνοντας υπόψη τη μικρή εμπειρία των μαθητών στην ανάλυση τέτοιων γραφημάτων, ενδείκνυται περαιτέρω επεξεργασία, ώστε να βεβαιωθεί ο εκπαιδευτικός ότι οι μαθητές αντιλαμβάνονται την αναπαράσταση αλλά επιπλέον μπορούν και να την εξηγήσουν. Η αξιοποίηση της απεικόνισης σε συνδυασμό με την επεξεργασία του κειμένου μπορεί να γίνει είτε παραγωγικά, δηλαδή από τις λεκτικές πληροφορίες για τα φαινόμενα στην εικόνα, είτε επαγωγικά, δηλαδή από τα στοιχεία της εικόνας στους ορισμούς των φαινομένων που παρατίθενται λεκτικά (Kress & Leeuwen 1996). Με όποιον τρόπο και αν αποφασίσει ο εκπαιδευτικός να χρησιμοποιήσει την εικόνα, είναι σημαντικό να δώσει χρόνο στους μαθητές να την σκεφτούν, καθώς θα κληθούν πολύ συχνά να εξετάσουν και να αναλύσουν τέτοιου είδους γραφήματα στη Φυσική.

4.5 Απαντήσεις συνεντεύξεων

Οι εκπαιδευτικοί που συμμετείχαν στη συνέντευξη, τέσσερις άνδρες και μια γυναίκα, είναι όλοι Φυσικοί όσον αφορά στην ειδικότητα και διδάσκουν σε ελληνικά δημόσια σχολεία στην δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Η διδακτική τους εμπειρία κυμαίνεται από έντεκα έως τριάντα τρία χρόνια.

Στην πρώτη ερώτηση σχετικά με την γενική εκτίμηση τους για το εικονιστικό μέρος των διδακτικών βιβλίων στην ενότητα Θερμότητα-Θερμοδυναμική, οι απαντήσεις ποικίλλουν, με κάποιους να ικανοποιούνται με το υπάρχον υλικό και κάποιους να το θεωρούν λιγότερο χρήσιμο. Η απάντηση του ενός ερωτηθέντος περιορίστηκε στην κρίση του σχολικού βιβλίου του Γυμνασίου.

“ Το εικονιστικό περιεχόμενο στο βιβλίο της Β’ Γυμνασίου είναι κατατοπιστικό για τον μαθητή. Το ίδιο ισχύει και για το βιβλίο της Β’ λυκείου, απλώς στη Β’ Λυκείου θα πρέπει ο μαθητής να επεκταθεί στο 3^ο και στο 4^ο κεφάλαιο για να αποκτήσει μια συνολική εικόνα των εννοιών και να αξιοποιήσει συνολικά τις εικόνες.”

Άνδρας, 11 χρόνια διδασκαλίας

“Β΄ Γυμνασίου: Δεν είναι ελκυστικό για το μαθητή και έχει φόρτο πληροφορίας. Β΄ Λυκείου: Οι εικόνες με τα διαγράμματα έχουν κάποιο ρόλο, οι υπόλοιπες τις περισσότερες φορές δεν βοηθάνε σε κάτι και είναι επίσης μη ελκυστικές.”

Άνδρας, 19 χρόνια διδασκαλίας

“Όσον αναφορά την Φυσική Β΄ Γυμνασίου, είναι ένα κεφάλαιο το οποίο ποτέ δεν διδάσκεται γιατί ο χρόνος δεν επαρκεί. Όσο αναφορά την Φυσική Β΄ λυκείου το χρησιμοποιώ για τη διδασκαλία.”

Γυναίκα, 12 χρόνια διδασκαλίας

“Το εικονιστικό μέρος του βιβλίου φυσικής Β΄ Γυμνασίου στην ενότητα της θερμότητας είναι αρκετά ικανοποιητικό. Ανταποκρίνεται άρτια στις επιστημονικές θεωρίες της ενότητας και μάλιστα είναι αρκετές και έγχρωμες, πράγμα το οποίο ελκύει τους μαθητές και επηρεάζει την ψυχосύνθεσή τους θετικά. Το εικονιστικό μέρος του βιβλίου Φυσικής της Β΄ Λυκείου στην ενότητα της θερμοδυναμικής είναι επίσης ικανοποιητικό και ανταποκρίνεται επιστημονικά αν και παρουσιάζει κάποιες ελλείψεις.”

Άνδρας, 14 χρόνια διδασκαλίας

“Για το βιβλίο της Β΄ Γυμνασίου θα έλεγα ότι είναι καλό.”

Άνδρας, 33 χρόνια διδασκαλίας

Στη συνέχεια οι καθηγητές ερωτήθηκαν αν, και με ποιον τρόπο, χρησιμοποιούν το οπτικό διδακτικό υλικό των σχολικών βιβλίων στην εν λόγω ενότητα.

“Ναι, το χρησιμοποιώ. Οι μαθητές με ανοικτά τα βιβλία τους κοιτούν τις εικόνες και επιχειρώ αξιοποιώντας τις εικόνες και άλλο εποπτικό υλικό να εμβαθύνουν στο τι συμβαίνει. Επίσης επιχειρώ οι μαθητές να εμβαθύνουν στις έννοιες προσπαθώντας να κάνω μια άμεση σύνδεση ανάμεσα στον μικρόκοσμο και στον μακρόκοσμο.”

Διονύσης, 11 χρόνια διδασκαλίας

“Σχεδόν καθόλου.”

Άνδρας, 19 χρόνια διδασκαλίας

“Αν ένα σχήμα βοηθάει περισσότερο από ένα πείραμα, το χρησιμοποιώ. Φυσικά, στο βιβλίο Φυσικής Β’ Λυκείου που έχει διαγράμματα τα αναλύουμε.”

Γυναίκα, 12 χρόνια διδασκαλίας

“Ναι, το χρησιμοποιώ άλλοτε για την εισαγωγή στο μάθημα (βλ. μηχανή του Ηρώνα) ή κατά την διαδικασία της διδασκαλίας της εκάστοτε ενότητας όπου και κρίνεται απαραίτητη (βλ. θερμικές μηχανές: ατμομηχανή, βενζινοκινητήρας).”

Ανδρας, 14 χρόνια διδασκαλίας

“Στο Γυμνάσιο η ενότητα δε διδάσκεται, λόγω έλλειψης χρόνου. Θα το χρησιμοποιούσα για να εξηγήσω τις σχετικές έννοιες.”

Ανδρας, 33 χρόνια διδασκαλίας

Έπειτα ζητήθηκε από τους εκπαιδευτικούς να προτείνουν ενδεχόμενες αλλαγές για να ικανοποιούνται οι διδακτικές τους ανάγκες.

“Νομίζω ότι είναι ικανοποιητικό. Τα βιβλία δεν θα πρέπει να έχουν υπερβολικό εικονιστικό περιεχόμενο, διότι το υπερβολικό αποπροσανατολίζει τους μαθητές. Άρα με την κατάλληλη καθοδήγηση του εκπαιδευτικού έχω την εντύπωση ότι το εικονιστικό περιεχόμενο αρκεί στα συγκεκριμένα βιβλία.”

Ανδρας, 11 χρόνια διδασκαλίας

“Έλκυστικές εικόνες που να αναδεικνύουν τη βασική πληροφορία για την ανάλογη ηλικία, χωρίς μεγάλο φόρτο.”

Ανδρας, 19 χρόνια διδασκαλίας

“Θα μπορούσαν οι εικόνες να ακολουθούνται με κατάλληλη και κατανοητή ερμηνεία σε κείμενο.”

Γυναίκα, 12 χρόνια διδασκαλίας

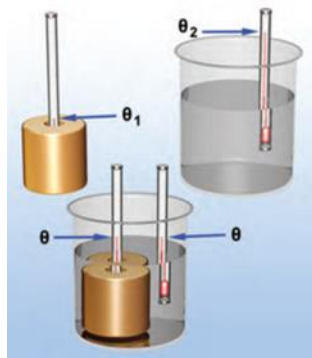
“Όσον αφορά την ενότητα της θερμοδυναμικής θεωρώ ότι υπάρχει μια έλλειψη στο κομμάτι των γραφικών παραστάσεων στους νόμους των αερίων. Συγκεκριμένα

απουσιάζουν οι P - T , V - T για την ισόθερμη μεταβολή, οι V - T , P - V για την ισόχωρη και οι P - V , P - T για την ισοβαρή μεταβολή.”

Άνδρας, 14 χρόνια διδασκαλίας

Δεν δόθηκε απάντηση από τον πέμπτο ερωτηθέντα στην συγκεκριμένη ερώτηση.

Τέλος, σχολιάστηκαν οι ακόλουθες επιστημονικές αναπαραστάσεις και ακολούθησαν κριτικές σημειώσεις για την διδακτική αξιοποίηση που προτείνεται για την καθεμία από αυτές. Συγκεκριμένα:



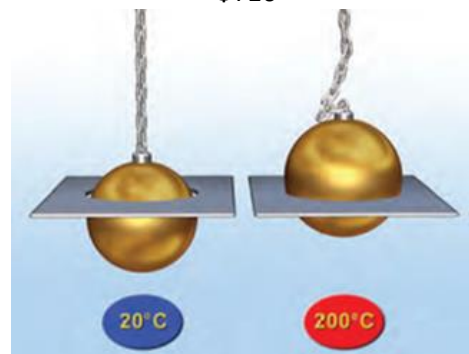
ΦΓ13



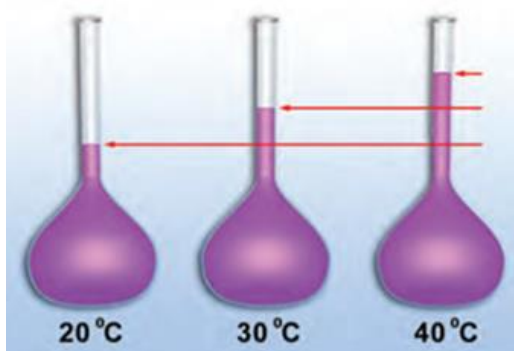
ΦΓ16



ΦΓ26



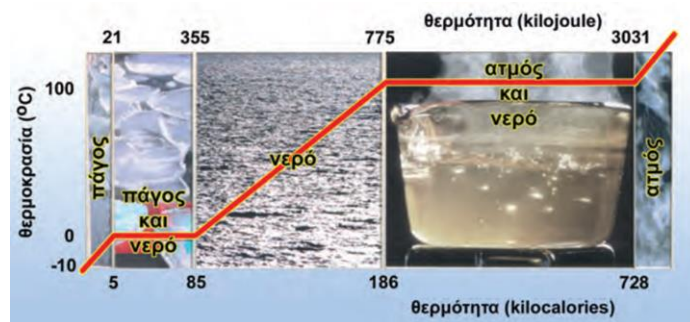
ΦΓ28



ΦΓ34



ΦΓ46



ΦΓ53

“Τις εικόνες πρέπει να τις βλέπουμε ως ένα διδακτικό εργαλείο του μαθήματος. Σε μια εικόνα συνήθως ο καθένας βλέπει και διαφορετική οπτική γωνία, άρα για να απαντήσω στο ερώτημα αν καλύπτει επιστημονικά και παιδαγωγικά κριτήρια θα πρέπει να γνωρίζω με ποιο τρόπο η εικόνα θα ενταχθεί στο μάθημα. Η εικόνα π.χ ΦΓ34 είναι επιστημονικά σωστή αν ο διδακτικός στόχος του μαθήματος είναι η σχέση ανάμεσα στη θερμοκρασία και στον όγκο ενός διαλύματος αλλά δεν μας καλύπτει αν θέλουμε να εμβαθύνουμε στον μικρόκοσμο. Άρα ο εκπαιδευτικός έχει τον πρώτο ρόλο να αξιοποιήσει σωστά την οποιαδήποτε εικόνα με την διδασκαλία του. Κάτω από αυτό το πρίσμα όλες οι εικόνες μπορούν να ενταχθούν στη διδασκαλία η κάθε μια με διαφορετικό τρόπο. Αν δεν επιτευχθούν οι διδακτικοί στόχοι την αιτία δεν θα πρέπει να την αναζητήσουμε στην επιστημονική ορθότητα της εικόνας αλλά στο πως την αξιοποιήσαμε στη διδασκαλία.”

Άνδρας, 11 χρόνια διδασκαλίας

“ΦΓ13 Ως ένα βαθμό ικανοποιητική, πρόβλημα με το ότι η βύθιση ενός μετάλλου μεγάλου όγκου δεν ανεβάζει τη στάθμη του νερού.

ΦΓ16 Ικανοποιητική ίσως λείπει χρονόμετρο για να φαίνονται ίδιοι χρόνοι.

ΦΓ26 Περίπλοκη και δυσνόητη. Επίσης μπερδεύει πολύ πχ το σημείο εφαρμογής των δυνάμεων είναι σαν να εμφανίστηκε επιπλέον μια μικρή σφαίρα.

ΦΓ28 Ικανοποιητική αλλά έχει προβλήματα πχ φαίνεται σαν παραμορφωμένη η σφαίρα (βαθούλωμα) – επίσης οι θερμοκρασίες που αναφέρει δεν είναι προφανές ότι αφορά μόνο τη σφαίρα και όχι και το δακτύλιο.

ΦΓ34 Χρήσιμη

ΦΓ46 Μπερδεύει και δεν ξέρω αν μπορεί να ισχύει και στην πραγματικότητα αυτό - ιδιαίτερα αυτό που δείχνει ως ατμό είναι θόλωμα του τζαμιού από υγρασία.

ΦΓ53 Ως λογική για διδασκαλία μια τέτοια εικόνα θα ήταν πολύ χρήσιμη. Ωστόσο δεν φαίνονται αυτά που θέλει να πει. Η προσθήκη των φωτογραφιών στο διάγραμμα αντί να βοηθήσει μπερδεύει, αφού στον ένα άξονα έχει ποσό θερμότητας δεν μπορεί στην εικόνα να έχω άλλες ποσότητες νερού πχ μια θάλασσα και ένα ποτήρι.

Άνδρας, 19 χρόνια διδασκαλίας

“ΦΓ13: Θα μπορούσε να διδαχθεί με πειραματική προσομοίωση

ΦΓ16: Αρκεί να παρατηρήσουν οι μαθητές ότι χρειάζεται να προσφερθεί περισσότερη θερμότητα προκειμένου να έχω ίδια μεταβολή θερμοκρασίας για διαφορετικά υγρά.

ΦΓ26: Πώς μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την θερμική ενέργεια για να παράγουμε χρήσιμη μηχανική ενέργεια, εδώ ίσως αρχικά να τους έδειχνα διάφορα άλλα σχήματα όπου η θερμότητα χάνεται κατά τη διάρκεια μιας κίνησης και ότι τελικά όμως ο σκοπός μας στη θερμοδυναμική είναι αυτός της φωτογραφίας ΦΓ26

ΦΓ28: Εδώ μπορεί να γίνει η παρατήρηση των συρμάτων της ΔΕΗ πώς είναι κατά τους καλοκαιρινούς και πώς κατά τους χειμερινούς μήνες.

ΦΓ34: Ίσως είναι μια εικόνα χωρίς ιδιαίτερο ενδιαφέρον για συζήτηση με μαθητές.

ΦΓ46: Ίσως είναι μια εικόνα χωρίς ιδιαίτερο ενδιαφέρον για συζήτηση με μαθητές.

ΦΓ53: Είναι μία καλή εικόνα ώστε να ξεκαθαρίσουν οι μαθητές την θερμοκρασία που μπορεί να έχει το νερό στις αλλαγές φυσικής του κατάστασης.

Γυναίκα, 12 χρόνια διδασκαλίας

“Όλες είναι επιστημονικά σωστές και πιο συγκεκριμένα οι ΦΓ13, ΦΓ16, ΦΓ28, ΦΓ34, ΦΓ46 και ΦΓ53 βοηθούν να διδαχθεί το φαινόμενο πιο εύκολα. Η εικόνα ΦΓ26 όμως αν και είναι επιστημονικά ορθή εμπεριέχει πολλές έννοιες και στην πραγματικότητα μπορεί να επιφέρει σύγχυση στους μαθητές.”

Άνδρας, 14 χρόνια διδασκαλίας

“Η ΦΓ53 δεν είναι καλή και ευανάγνωστη. Η ΦΓ26 δεν είναι καλή, αλλά δε φταίει η εικόνα-φταίει η δυσκολία της αναπαριστώμενης διεργασίας. Οι υπόλοιπες είναι καλές.”

Άνδρας, 33 χρόνια διδασκαλίας

Οι κριτικές σημειώσεις που ακολούθησαν για κάθε διδακτική πρόταση είναι οι εξής:

ΦΓ13

“Συμφωνώ στον τρόπο προσέγγισης του θέματος. Οι έννοιες θερμότητα-θερμοκρασία-θερμική ενέργεια είναι πολύ δύσκολες έννοιες για τους μαθητές. Ακόμη και μαθητές που χρησιμοποιούν λεκτικά με σωστό τρόπο τις έννοιες δεν είναι βέβαιο ότι τις έχουν εμπεδώσει.”

Άνδρας, 11 χρόνια διδασκαλίας

“Το βασικό σχόλιο είναι ότι ο εκπαιδευτικός συζητά κατ αρχήν για το τι δείχνει η εικόνα και προβλήματα πχ δεν έχει ανύψωση στάθμης. Τα άλλα δεν έχει έννοια να σχολιαστούν, όλα μπορεί να γίνουν, εξαρτάται από τη χρήση που θα κάνει ο εκπαιδευτικός.”

Άνδρας, 19 χρόνια διδασκαλίας

“Μπορεί κανείς να αναφέρει και παραδείγματα από την καθημερινή μας ζωή, πώς λειτουργεί η εστία, πώς μπορώ να πω παγωμένο νερό χρησιμοποιώντας νερό βρύσης και παγάκια κλπ.”

Γυναίκα, 12 χρόνια διδασκαλίας

“Συμφωνώ απόλυτα ότι μπορεί να χρησιμοποιηθεί και ως ερέθισμα αλλά και στο τέλος της εκπαιδευτικής διαδικασίας για επαλήθευση.”

Άνδρας, 14 χρόνια διδασκαλίας

Δεν δόθηκαν κριτικά σχόλια από τον πέμπτο ερωτηθέντα.

ΦΓ16

“Θα συμφωνούσα να αξιοποιηθεί διδακτικά στο τέλος του μαθήματος. Στην αρχή του μαθήματος δεν θα πρέπει να βάλουμε παραπάνω παραμέτρους(δύο διαφορετικά υλικά).”

Άνδρας, 11 χρόνια διδασκαλίας

“Κυρίως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την περιγραφή πως πειραματικά ελέγχουμε την εξάρτηση του Q από το c (έλεγχος μεταβλητών)”

Άνδρας, 19 χρόνια διδασκαλίας

“Ίσως πρέπει να το δείξουμε όταν θα εξετάζουμε το νόμο της θερμιδομετρίας και εφιστώντας την προσοχή, ώστε για να μελετήσουμε πώς μεταβάλλεται ένα μέγεθος συναρτήσει κάποιων παραμέτρων. Πρέπει να κρατάμε όλες τις παραμέτρους ίδιες και να αλλάζουμε μόνο τη μία, να παρατηρήσουμε την εικόνα ποιες παράμετροι μένουν σταθερές και ποιες αλλάζουν.”

Γυναίκα, 12 χρόνια διδασκαλίας

“Δεδομένου ότι οι μαθητές γνωρίζουν τη σχέση θερμότητας-μάζας και θερμότητας-μεταβολής θερμοκρασίας για το ίδιο υλικό, η συγκεκριμένη εικόνα δείχνει ξεκάθαρα τη σχέση θερμότητας-υλικού. Βασισμένος ο εκπαιδευτικός λοιπόν, στην εικονιζόμενη πειραματική διαδικασία χρησιμοποιώντας τη ως ερέθισμα, θα μπορέσει να ενεργοποιήσει τους μαθητές προκειμένου να ανακαλύψουν μόνοι τους την σχέση θερμότητας-υλικού για την ίδια μεταβολή θερμοκρασίας ορμώμενοι από καθημερινά παραδείγματα.”

Άνδρας, 14 χρόνια διδασκαλίας

“Θα έλεγα να μην δοκιμάζουν μόνοι τους τέτοιου είδους επικίνδυνα φαινόμενα.”

Άνδρας, 33 χρόνια διδασκαλίας

ΦΓ26

“Η συγκεκριμένη εικόνα κατά τη γνώμη μου δεν βοηθάει στην κατανόηση των εννοιών που περιλαμβάνει. Είναι σωστό αυτό που αναφέρεται για την αναγκαιότητα οι μαθητές να έχουν εμπεδώσει τις έννοιες χημική ενέργεια, θερμική ενέργεια κ.λπ. αλλά ειδικά σε

επίπεδο Β' Γυμνασίου αυτό είναι σχεδόν αδύνατο στην πράξη. Η εικόνα περιλαμβάνει πολλές και απαιτητικές έννοιες, περισσότερο θα δυσκολέψει το μάθημα παρά θα το βοηθήσει. Άρα θα είναι καλύτερο να αποφύγουμε τη συγκεκριμένη εικόνα.”

Άνδρας, 11 χρόνια διδασκαλίας

“Δύσκολη διαδικασία για τα παιδιά – τεράστια πληροφορία. απαιτείται συζήτηση κομμάτι -κομμάτι. Ειδικά το θερμική ενέργεια-θερμότητα-θερμική ενέργεια.”

Άνδρας, 19 χρόνια διδασκαλίας

“Αυτή η εικόνα οπτικοποιεί γιατί δημιουργήθηκε ο κλάδος της θερμοδυναμικής, για αυτό πριν από αυτό ίσως να πρέπει να δώσουμε παραδείγματα όπου η θερμότητα χάνεται στο περιβάλλον και δεν την εκμεταλλευόμαστε και ο σκοπός της θερμοδυναμικής είναι ακριβώς αυτός να εκμεταλλευτούμε την θερμότητα και να την μετατρέψουμε σε ωφέλιμο έργο.”

Γυναίκα, 12 χρόνια διδασκαλίας

“Θεωρώ ότι η συγκεκριμένη εικόνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο στο τέλος της εκπαιδευτικής διαδικασίας μιας και εμπεριέχει πολλές έννοιες που μπορεί να προκαλέσουν σύγχυση στους μαθητές.”

Άνδρας, 14 χρόνια διδασκαλίας

“Το όλο σκεπτικό βασίζεται στην αβάσιμη προϋπόθεση ότι αυτό το γνωστικό αντικείμενο είναι μέσα στις μαθησιακές δυνατότητες των μαθητών της Β' Γυμνασίου.”

Άνδρας, 33 χρόνια διδασκαλίας

ΦΓ28

“Πράγματι η συγκεκριμένη εικόνα δεν απαιτεί ιδιαίτερη επιστημονική γνώση και μπορεί να αξιοποιηθεί με πολλούς τρόπους στα πλαίσια του μαθήματος. Είναι από τις εικόνες που μένουν στους μαθητές, τους εντυπωσιάζουν και μπορούν με ευκολία να την ανακαλέσουν στην μνήμη τους σε μεγαλύτερη τάξη.”

Άνδρας, 11 διδασκαλίας

“Συμφωνώ στη χρήση ως ερέθισμα.”

Άνδρας, 19 χρόνια διδασκαλίας

“Αποτελεί μία καλή εικόνα για συζήτηση και εξαγωγή συμπερασμάτων.”

Γυναίκα, 12 χρόνια διδασκαλίας

“Συμφωνώ. Η συγκεκριμένη εικόνα μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ερέθισμα προκειμένου οι μαθητές να αναλογιστούν από την καθημερινότητά τους ανάλογα παραδείγματα διαστολής με την αύξηση της θερμοκρασίας.”

Άνδρας, 14 χρόνια διδασκαλίας

“Δεν είμαι σίγουρος αν υπάρχει σχετική βιωματική γνώση. Κατά τη γνώμη μου εδώ διατυπώνεται ένας επιστημολογικά αστήρικτος ισχυρισμός με τελεολογική-αριστοτελική εξήγηση. Θεωρώ ότι τα αγγεία διαστέλλονται μέσω κάποιου άλλου μηχανισμού.”

Άνδρας, 33 χρόνια διδασκαλίας

ΦΓ34

“Είναι πολύ καλή εικόνα για να δηλώσει στους μαθητές την αύξηση του όγκου ενός υλικού σε σχέση με την αύξηση της θερμοκρασίας. Θα πρότεινα να μην χρησιμοποιηθεί το παράδειγμα με τα καύσιμα διότι το ρεζερβουάρ του αυτοκινήτου κλείνει αεροστεγώς, οπότε κανένας μαθητής δεν θα παρατηρήσει υπερχειλίση καυσίμων. Το στράβωμα των γραμμών του τρένου μέσα από μια πραγματική φωτογραφία ίσως τους πείσει περισσότερο.”

Άνδρας, 11 χρόνια διδασκαλίας

“Κατά την άποψή μου είναι προνομιακό θέμα για πειραματικό έλεγχο μεταβλητών. Εγώ θα το χρησιμοποιούσα κυρίως για την εξάρτηση του ΔV από το $\Delta \theta$.”

Άνδρας, 19 χρόνια διδασκαλίας

“Για να εξάγω το συμπέρασμα του σχήματος ΦΓ34 μάλλον θα το προσπαθούσα με πειραματική προσομοίωση.”

Γυναίκα, 12 χρόνια διδασκαλίας

“Όπως και με την εικόνα ΦΓ28, οι παρεμφερείς διαστολές του υδραργύρου στο υδραργυρικό θερμόμετρο και η διαστολή καυσίμου τους καλοκαιρινούς μήνες νομίζω πως ανταποκρίνεται απόλυτα στην επιστημονική θεωρία της κυβικής διαστολής.”

Άνδρας, 14 χρόνια διδασκαλίας

Δεν δόθηκαν κριτικά σχόλια από τον πέμπτο ερωτηθέντα.

ΦΓ46

“Η συγκεκριμένη εικόνα απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή στην διδακτική προσέγγισή της. Το νερό στην υγρή κατάσταση και στην στερεή κατάσταση έχουν την ίδια θερμοκρασία. Η θερμότητα του φαινομένου είναι η λανθάνουσα θερμότητα τήξης. Το σχολικό βιβλίο της φυσικής της Β' Γυμνασίου αναφέρει «Κατά τη διάρκεια όμως της τήξης ή του βρασμού η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή αν και στο σώμα μεταφέρεται θερμότητα». Άρα η έννοια της θερμότητας και η σύνδεσή της με την θερμοκρασία δεν μπορεί να γίνει μέσω αυτής της εικόνας.”

Άνδρας, 11 χρόνια διδασκαλίας

“Για μένα είναι μια άχρηστη εικόνα που δεν θα χρησιμοποιούσα.”

Άνδρας, 19 χρόνια διδασκαλίας

“Δεν μου αρέσει η συγκεκριμένη εικόνα για αφόρμιση των τριών φυσικών καταστάσεων, προτιμώ να το εξάγω από παραδείγματα από την καθημερινή ζωή, ίσως και από τον κύκλο του νερού.”

Γυναίκα, 12 χρόνια διδασκαλίας

“Πιστεύω ότι μπορεί να προσκαλέσει τους μαθητές να σκεφτούν τη σχέση θερμότητας-θερμοκρασίας-κατάστασης του υλικού.”

Άνδρας, 14 χρόνια διδασκαλίας

“Αμφιβάλλω ότι συμβάλλει η εικόνα στην επιτέλεση του σκοπού της”

Άνδρας, 33 χρόνια διδασκαλίας

ΦΓ53

“Το συγκεκριμένο γράφημα απαιτεί από τους μαθητές ικανότητα επεξεργασίας διαγραμμάτων. Θα πρότεινα πριν την παρουσίαση όλου του διαγράμματος να προηγηθεί παρουσίαση των τμημάτων του διαγράμματος ξεχωριστά. Δηλαδή το νερό σε στερεή κατάσταση που θερμαίνεται μέχρι την τήξη. Ακολούθως το νερό σε υγρή κατάσταση που θερμαίνεται μέχρι τον βρασμό. Έτσι ώστε οι μαθητές να εξοικειωθούν με τα απλά διαγράμματα και το συνολικό διάγραμμα να είναι γίνει αντιληπτό στους μαθητές.”

Άνδρας, 11 χρόνια διδασκαλίας

“Συμφωνώ για τη χρήση της με τις επιφυλάξεις που ανέφερα στην διατύπωση των αντίστοιχων σχολίων.”

Άνδρας, 19 χρόνια διδασκαλίας

“Πιστεύω ότι αυτή η απεικόνιση βοηθά τους μαθητές ώστε να μην έχουν εναλλακτικές ιδέες όσον αφορά στη θερμοκρασία του νερού σε κάθε φυσική κατάσταση.”

Γυναίκα, 12 χρόνια διδασκαλίας

“Σε αυτή την περίπτωση δίνεται η δυνατότητα στο μαθητή να πάρει μια γεύση για τον τρόπο με τον οποίο απεικονίζεται ένα φαινόμενο διαγραμματικά. Ασφαλώς πρέπει, κατά τη γνώμη μου, να γίνει στο τέλος του μαθήματος και πάνω εκεί να γίνει μία επανάληψη των φαινομένων για εμπέδωση των εννοιών. Η σωστή ανάλυση της γραφικής παράστασης και εμπέδωσή της από τους μαθητές, θα τους δώσει τη γνώση αυτή για πολύ μεγαλύτερο χρονικό διάστημα.”

Άνδρας, 14 χρόνια διδασκαλίας

“Το διάγραμμα, λόγω του άξονα της θερμότητας, νομίζω ότι είναι μαθησιακά καταστροφικό, ενώ η οπτικοποίηση είναι απλώς ανεπιτυχής. Με όποιον τρόπο και αν αποφασίσει ο εκπαιδευτικός να χρησιμοποιήσει την εικόνα, δε θα επιτύχει τίποτα.”

Άνδρας, 33 χρόνια υπηρεσίας

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ-ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Στην παρούσα εργασία αξιολογήθηκαν συνολικά 120 εικονιστικές αναπαραστάσεις, εκ των οποίων 84 περιλαμβάνονται στο σχολικό βιβλίο Φυσικής Β' Γυμνασίου, 29 στο σχολικό βιβλίο Φυσικής Προσανατολισμού Β' Λυκείου και 7 στο σχολικό βιβλίο Χημείας Προσανατολισμού Γ' Λυκείου. Παρατηρείται μια αξιοσημείωτη μείωση των απεικονίσεων όσο αυξάνει η εκπαιδευτική βαθμίδα και μια έντονη στροφή από ρεαλιστικές απεικονίσεις σε διαγράμματα με μαθηματικοποιημένες εκφράσεις και πιο περίπλοκο μαθηματικό φορμαλισμό.

Τα επιφανειακά χαρακτηριστικά δεν προσδιορίζουν τις αναπαραστάσεις επαρκώς και στα τρία σχολικά εγχειρίδια που εξετάστηκαν.

Όσον αφορά στο κριτήριο της συνάφειας και της απευθείας παραπομπής των αναπαραστάσεων με το λεκτικό κείμενο, φαίνεται επίσης να μειώνεται αισθητά από το γυμνάσιο στο λύκειο. Ενδεικτικά αναφέρεται κατά προσέγγιση ότι ενώ η απόλυτη σύνδεση χαρακτηρίζει τα 2/3 του πλήθους των αναπαραστάσεων στο σχολικό βιβλίο Φυσικής του Γυμνασίου, αυτό μειώνεται στο 1/2 στο σχολικό βιβλίο Φυσικής του Λυκείου, με τις αναπαραστάσεις στο σχολικό βιβλίο Χημείας να μην συνδέονται με το κείμενο στην πλειοψηφία.

Η ύπαρξη λεζάντας έχει χαρακτηριστεί κατάλληλη στην πλειοψηφία των αναπαραστάσεων και στα τρία σχολικά βιβλία, ωστόσο παρατηρείται σε μεγάλο βαθμό να μην είναι σύντομες, παρόλο που είναι σαφείς και προσδίδουν αυτοτέλεια στις αναπαραστάσεις. Σε πολλές από αυτές, κυρίως στο βιβλίο του γυμνασίου, ο υπότιτλος είναι μακροσκελής και εξηγεί το περιεχόμενο της αναπαράστασης, αντί να περιορίζεται στην παρουσίαση της έννοιας ή διαδικασίας.

Τα αποτελέσματα της συνέντευξης έδειξαν ότι οι εκπαιδευτικοί χρησιμοποιούν τις αναπαραστάσεις (ή προτίθενται να το κάνουν), όταν θεωρούν ότι αυτές είναι κατάλληλες. Όσον αφορά στη γενική εκτίμησή τους για το εικονιστικό μέρος του σχολικού βιβλίου της Β' Γυμνασίου στη συγκεκριμένη ενότητα, οι απόψεις δείχνουν να δίστανται. Κάποιοι το θεωρούν κατατοπιστικό και ικανοποιητικό, «*Το εικονιστικό περιεχόμενο στο βιβλίο της Β' Γυμνασίου είναι κατατοπιστικό για τον μαθητή... Το εικονιστικό μέρος του βιβλίου φυσικής Β' Γυμνασίου στην ενότητα της θερμοότητας*

είναι αρκετά ικανοποιητικό», ενώ άλλοι το κρίνουν ανεπαρκές «Δεν είναι ελκυστικό και έχει φόρτο πληροφορίας». Οι απόψεις των εκπαιδευτικών ως προς το βιβλίο της Β' Λυκείου συγκλίνουν περισσότερο, θεωρώντας το σε έναν βαθμό χρήσιμο, αλλά δεδομένων κάποιων ελλείψεων και περιθωρίου βελτίωσης «Οι εικόνες με τα διαγράμματα έχουν κάποιο ρόλο, οι υπόλοιπες τις περισσότερες φορές δεν βοηθάνε... Ικανοποιητικό, αν και παρουσιάζει κάποιες ελλείψεις... Κατατοπιστικό, αλλά θα πρέπει ο μαθητής να επεκταθεί στο 3^ο και στο 4^ο κεφάλαιο για να αποκτήσει μια συνολική εικόνα των εννοιών και να αξιοποιήσει συνολικά τις εικόνες». Κάποιοι από τους ερωτηθέντες απάντησαν ότι χρησιμοποιούν το οπτικό διδακτικό υλικό «Ναι, το χρησιμοποιώ. Οι μαθητές με ανοικτά τα βιβλία τους κοιτούν τις εικόνες και επιχειρώ αξιοποιώντας τις εικόνες και άλλο εποπτικό υλικό να εμβαθύνουν στο τι συμβαίνει... Αν ένα σχήμα βοηθάει περισσότερο από ένα πείραμα, το χρησιμοποιώ... Ναι, το χρησιμοποιώ άλλοτε για την εισαγωγή στο μάθημα (βλ. μηχανή του Ήρωνα) ή κατά την διαδικασία της διδασκαλίας της εκάστοτε ενότητας όπου και κρίνεται απαραίτητη», ενώ άλλοι απάντησαν αρνητικά «Σχεδόν καθόλου... Στο Γυμνάσιο η ενότητα δε διδάσκεται, λόγω έλλειψης χρόνου. Θα το χρησιμοποιούσα για να εξηγήσω τις σχετικές έννοιες». Φαίνεται να υπάρχει κάποια συσχέτιση της χρησιμοποίησης του οπτικού υλικού με τα χρόνια διδασκαλίας των εκπαιδευτικών, εφόσον παρατηρείται ότι εκείνοι που έχουν διατρέξει περισσότερα χρόνια στον εκπαιδευτικό στίβο χρησιμοποιούν πολύ λιγότερο τις εικονιστικές αναπαραστάσεις. Βέβαια, για την εξαγωγή ενός τέτοιου συμπεράσματος απαιτείται περαιτέρω έρευνα και ποσοτική ανάλυση. Σε κάθε περίπτωση, οι διδάσκοντες υποστηρίζουν ότι τα σχολικά βιβλία θα μπορούσαν να βελτιωθούν, περιλαμβάνοντας απλές και ελκυστικές αναπαραστάσεις, που παρέχουν σαφή νοήματα και προάγουν την κατανόηση και τη μάθηση «Ελκυστικές εικόνες που να αναδεικνύουν τη βασική πληροφορία για την ανάλογη ηλικία, χωρίς μεγάλο φόρτο... Θα μπορούσαν οι εικόνες να ακολουθούνται με κατάλληλη και κατανοητή ερμηνεία σε κείμενο... Όσον αφορά την ενότητα της θερμοδυναμικής θεωρώ ότι υπάρχει μια έλλειψη στο κομμάτι των γραφικών παραστάσεων στους νόμους των αερίων...». Επιπλέον, παρόλο που κάποιες από τις εικονιστικές αναπαραστάσεις που σχολιάστηκαν πληρούν όλα τα επιστημονικά-ενδοκλαδικά και παιδαγωγικά κριτήρια, οι εν ενεργεία εκπαιδευτικοί κρίνουν ότι δε συμβάλλουν στη μάθηση και δεν προάγουν την κατανόηση, αλλά αντιθέτως περιλαμβάνουν σύνθετες πληροφορίες που πιθανότατα θα προκαλούσαν σύγχυση και παρανοήσεις.

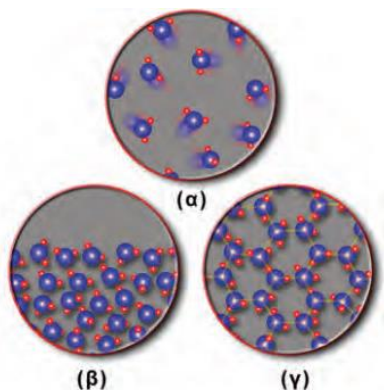
Κατά τη γνώμη μου η παιδαγωγική κατάρτιση των εκπαιδευτικών είναι εξίσου σημαντική όσο και η εξειδίκευση στο αντικείμενο διδασκαλίας. Όπως προέκυψε και από την βιβλιογραφική ανασκόπηση, η πολυτροπική προσέγγιση στην εκπαίδευση συμβάλλει σημαντικά στην κατανόηση και στη μάθηση, γεγονός που αναδεικνύει την αναγκαιότητα εκπαίδευσης του διδακτικού δυναμικού, καθιστώντας το έτοιμο να αξιοποιήσει τις διαθέσιμες διδακτικές πηγές κατά τον βέλτιστο τρόπο. Οι συγγραφικές ομάδες ενδεχομένως συνθέτουν κάποιες φορές ένα σχολικό εγχειρίδιο, χωρίς να γνωρίζουν τις μαθησιακές δυσκολίες και το επίπεδο επιστημονικής αντίληψης των μαθητών. Επιπλέον, παρατηρείται ως τάση στα προγράμματα σπουδών των θετικών επιστημών, να δίνεται έμφαση στην εκμάθηση του αντικειμένου, με απουσία της διδακτικής-παιδαγωγικής κατάρτισης. Είναι βέβαιο ότι για να εντάσσουν οι διδάσκοντες νέες πρακτικές και στρατηγικές στη διδασκαλία τους, θα πρέπει να εκπαιδευτούν.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η παρούσα εργασία έχει ποιοτική προσέγγιση με τους ανάλογους περιορισμούς στην εξαγωγή συμπερασμάτων. Προτείνεται μελλοντική μελέτη για τις στάσεις και τις στρατηγικές των εκπαιδευτικών σχετικά με το εικονιστικό μέρος των σχολικών βιβλίων, με παρατήρηση στη σχολική τάξη και συνεντεύξεις καθηγητών και μαθητών. Η έρευνα στην εκπαίδευση και την αξιολόγηση των διδακτικών μέσων σημειώνει πρόοδο, αλλά υπάρχει ακόμα σημαντική πορεία.

Στη συνέχεια, ακολουθούν κάποιες προτάσεις για αλλαγές σε εικονιστικές αναπαραστάσεις, οι οποίες δεν πληρούν όλα τα απαραίτητα κριτήρια που προέκυψαν από την βιβλιογραφική ανασκόπηση και περιλαμβάνουν κρίσιμες για την ενότητα έννοιες. Αναμένεται ότι τέτοιου τύπου τροποποιήσεις θα βελτιώσουν τη διδακτικο-μαθησιακή λειτουργία τους.

Προτάσεις για βελτιώσεις σε αναπαραστάσεις που δεν πληρούν όλα τα κριτήρια

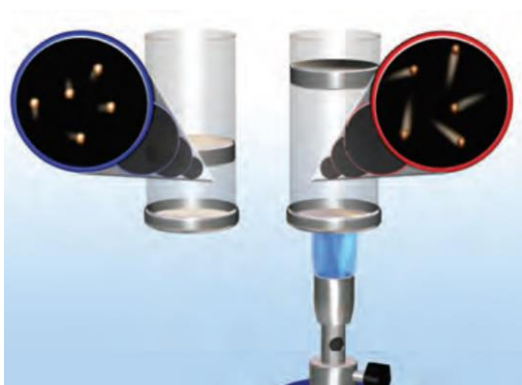
Αναπαράσταση ΦΓ19



- Είδος αναπαράστασης: Μικροσκοπική, η οποία αναπαριστά τις τρεις καταστάσεις της ύλης με τη χρήση μοριακών μοντέλων.
 - Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν δηλώνονται εσωτερικά οι καταστάσεις της ύλης, καθώς επίσης ούτε ότι το κάθε μοριακό μοντέλο συμβολίζει ένα μόριο νερού.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει και στα τρία στοιχεία της αναπαράστασης και περιγράφει τις ιδιότητες των υλικών για καθεμία από τις τρεις καταστάσεις.
 - Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «**Οι τρεις καταστάσεις της ύλης**». Σχηματική παράσταση των δομικών λίθων στις τρεις καταστάσεις της ύλης. Οι δομικοί λίθοι: (α) των αερίων κινούνται ελεύθερα προς κάθε κατεύθυνση, (β) των υγρών γλιστράνε ο ένας πάνω στον άλλο, ενώ (γ) των στερεών κατέχουν συγκεκριμένες θέσεις γύρω από τις οποίες κινούνται άτακτα..», ο οποίος είναι επαρκής και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση, ωστόσο δεν είναι σύντομος.

Η συγκεκριμένη αναπαράσταση βρίσκεται σε κρίσιμο σημείο της ενότητας του σχολικού εγχειριδίου της Β' Γυμνασίου και συγκεκριμένα στην εισαγωγή της παραγράφου «Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος», έννοιες που συχνά δεν είναι ξεκάθαρες στους μαθητές. Ικανοποιείται η συνάφεια με το κείμενο, ωστόσο τα επιφανειακά χαρακτηριστικά δεν είναι επαρκή. Θα βοηθούσε να δηλώνεται ίσως με ένα βέλος η κάθε κατάσταση πάνω στην εικόνα, καθώς επίσης να αναφέρεται είτε στη λεζάντα είτε ως επιφανειακό χαρακτηριστικό, ότι πρόκειται για μόρια νερού. Επιπλέον, δε γίνεται καμιά αναφορά στις αποστάσεις μεταξύ των μορίων σε κάθε κατάσταση, στοιχείο που θα μπορούσε επίσης να συμπεριλαμβάνεται στον υπότιτλο.

Αναπαράσταση ΦΓ21

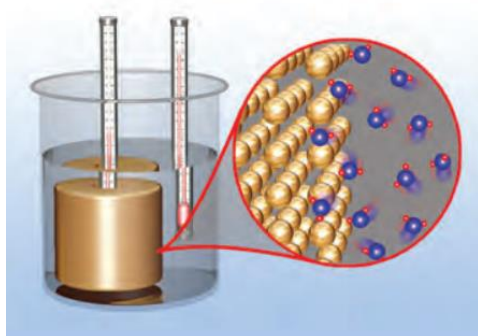


- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία αναπαριστά σε μακροσκοπικό επίπεδο δύο δοχεία που περιλαμβάνουν κάποιο αέριο, εκ των οποίων ένα από τα δύο θερμαίνεται· σε μικροσκοπικό επίπεδο γίνεται αναπαράσταση της κίνησης των δομικών λίθων σε κάθε περίπτωση μέσω μοντέλων σφαίρας.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Ο μαθητής θα πρέπει να κατανοήσει από μόνος του, σε συνδυασμό με τις πληροφορίες του κειμένου και της λεζάντας, ότι στη δεύτερη περίπτωση αυξάνεται η θερμοκρασία, άρα και η κινητικότητα των δομικών λίθων με αποτέλεσμα να ωθούν το έμβολο προς τα πάνω. Επιπλέον, θα πρέπει να κατανοήσει μόνος του ότι οι δομικοί λίθοι που έχουν ένα μακρύτερο 'νέφος' να τους ακολουθεί, είναι εκείνοι με την μεγαλύτερη κινητικότητα.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο παραπέμπει στην αναπαράσταση και περιγράφει την αύξηση της άτακτης κίνησης των δομικών λίθων ως αποτέλεσμα της αύξησης της θερμοκρασίας.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Όταν η θερμοκρασία του αέρα αυξάνεται, οι δομικοί λίθοι του κινούνται εντονότερα. Αποκτούν μεγαλύτερη κινητική ενέργεια και ωθούν το έμβολο προς τα επάνω», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Η συγκεκριμένη αναπαράσταση βρίσκεται σε κρίσιμο σημείο της ενότητας του σχολικού εγχειριδίου της Β' Γυμνασίου και συγκεκριμένα στην εισαγωγή της παραγράφου «Θερμοκρασία, θερμότητα και μικρόκοσμος», έννοιες που συχνά δεν είναι ξεκάθαρες στους μαθητές. Ικανοποιεί τα κριτήρια συνάφειας με το κείμενο, η λεζάντα της είναι κατάλληλη, ωστόσο τα επιφανειακά χαρακτηριστικά δεν επαρκούν. Θα μπορούσαμε να διαχωρίσουμε τις δύο καταστάσεις σε Α και Β, να

προσδιορίσουμε ότι πρόκειται για αέρια κατάσταση και στις δύο περιπτώσεις και να επισημάνουμε με μαθηματικές σχέσεις ότι αυξάνοντας τη θερμοκρασία έχουμε ως αποτέλεσμα και την αύξηση κινητικής ενέργειας, δηλαδή $T \uparrow K \uparrow$ και $T_A < T_B$ $K_A < K_B$ ώστε να είναι ξεκάθαρο ότι οι δομικοί λίθοι στην δεξιά πλευρά της εικόνας είναι εκείνοι με τη μεγαλύτερη κινητική ενέργεια.

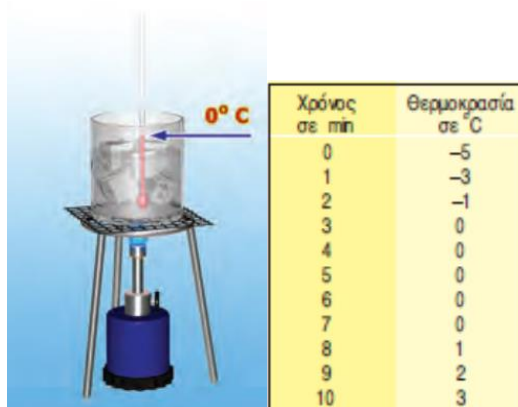
Αναπαράσταση ΦΓ22



- Είδος αναπαράστασης: Υβριδική, η οποία αναπαριστά τη μεταφορά ενέργειας από τους δομικούς λίθους του νερού στους δομικούς λίθους του μεταλλικού κυλίνδρου. Στο μακροσκοπικό επίπεδο γίνεται αναπαράσταση του δοχείου που περιλαμβάνει το νερό με την αυξημένη θερμοκρασία και τον μεταλλικό κύλινδρο, ενώ στο μικροσκοπικό επίπεδο γίνεται αναπαράσταση της αλληλεπίδρασης των δομικών λίθων.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν δηλώνεται στην αναπαράσταση λεκτικά ποιοι δομικοί λίθοι αντιστοιχούν σε κάθε μακροσκοπικό χαρακτηριστικό. Ο μαθητής καλείται να κατανοήσει μόνος του τα μικροσκοπικά στοιχεία της εικόνας.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Γίνεται απευθείας παραπομπή στην εικόνα και το κείμενο περιγράφει την αλληλεπίδραση των δομικών λίθων των δύο υλικών ώστε να επιτευχθεί θερμική ισορροπία.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Οι δομικοί λίθοι του κυλίνδρου συγκρούονται με τους δομικούς λίθους του νερού και κινητική ενέργεια μεταφέρεται από τους δεύτερους στους πρώτους», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Η συγκεκριμένη αναπαράσταση βρίσκεται στην ίδια παράγραφο του σχολικού εγχειριδίου της Β' Γυμνασίου και συγκεκριμένα στη «Μεταφορά θερμότητας και θερμική ισορροπία». Πρόκειται για μια υβριδική αναπαράσταση με κατάλληλη λεζάντα και απόλυτη συνάφεια με το κείμενο, ωστόσο τα επιφανειακά χαρακτηριστικά δεν είναι επαρκή. Θα βοηθούσε να προσδιορίζονται και λεκτικά τα μοριακά μοντέλα, ώστε να είναι ξεκάθαρο ότι πρόκειται για τους δομικούς λίθους του μετάλλου και τους δομικούς λίθους του νερού αντίστοιχα. Επιπλέον, θα μπορούσε να δηλώνεται με μια μαθηματική σχέση ότι η κινητική ενέργεια του νερού είναι μεγαλύτερη από την κινητική ενέργεια του μετάλλου, π.χ. $K_v > K_\mu$ και έτσι λόγω συγκρούσεων μεταφέρεται ενέργεια από το νερό στο μέταλλο έως ότου να επέλθει ισορροπία.

Αναπαράσταση ΦΓ47

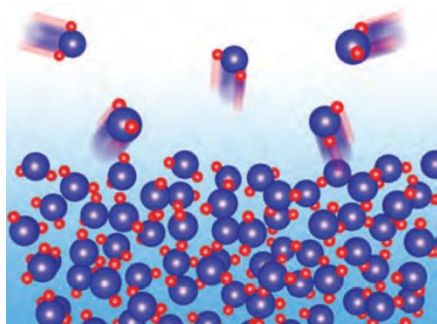


- Είδος αναπαράστασης: Μακροσκοπική, η οποία με ένα σκίτσο αναπαριστά πειραματική διαδικασία τήξης.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Δεν δηλώνονται τα στοιχεία της πειραματικής διάταξης, ωστόσο τα περισσότερα είναι γνωστά και εύκολο να γίνουν κατανοητά.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Το κείμενο περιγράφει την συγκεκριμένη πειραματική διαδικασία τήξης και παραπέμπει απευθείας στην αναπαράσταση.
- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Καθ' όλη τη διάρκεια της τήξης η θερμοκρασία διατηρείται σταθερή.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Η συγκεκριμένη αναπαράσταση βρίσκεται στην παράγραφο «Αλλαγές κατάστασης και θερμότητα» του σχολικού εγχειριδίου της Β' Γυμνασίου και απεικονίζει μια πειραματική διαδικασία τήξης. Η διαδικασία περιγράφεται πλήρως στο κείμενο και συνδέεται απόλυτα με την αναπαράσταση, ενώ επιπλέον ο υπότιτλος είναι κατάλληλος και επαρκής. Ωστόσο τα επιφανειακά χαρακτηριστικά θα μπορούσαν να είναι πιο ακριβή, όπως για παράδειγμα να αναφέρεται λεκτικά το φαινόμενο της τήξης και οι καταστάσεις της ύλης. Επιπλέον, θα μπορούσε να υπάρχει η αναπαράσταση σε στάδια, όπου στο πρώτο στάδιο και σε χρόνο 0 λεπτά το ποτήρι περιέχει μόνο πάγο και το θερμόμετρο δείχνει -5°C , στο δεύτερο στάδιο συνύπαρξη υγρής και στερεής κατάστασης με θερμόμετρο να δείχνει 0°C και τέλος το τρίτο στάδιο με την ολοκλήρωση του φαινομένου και την ύπαρξη μόνο υγρής φάσης και το θερμόμετρο να δείχνει από 1°C και πάνω.

Ομοίως θα μπορούσαν να γίνουν ανάλογοι μετασχηματισμοί στις ΦΓ48, ΦΓ49, ΦΓ50.

Αναπαράσταση ΦΓ63



- Είδος αναπαράστασης: Μικροσκοπική, η οποία αναπαριστά την εξάτμιση ενός υγρού.
- Ερμηνεία επιφανειακών χαρακτηριστικών: Ελλιπής. Ο μαθητής θα πρέπει να συμβουλευτεί το κείμενο και τη λεξάντα για να κατανοήσει την αναπαράσταση. Επιπλέον δεν αναφέρεται ούτε στο κείμενο, ούτε στον υπότιτλο, αλλά ούτε και στην αναπαράσταση ότι πρόκειται για το νερό.
- Συνάφεια με το κείμενο: Απόλυτη και συνδεδεμένη. Η παράγραφος ξεκινά περιγράφοντας πώς κάποια μόρια καταφέρνουν να ξεφύγουν από την επιφάνεια ενός υγρού και να δραπετεύσουν προς το περιβάλλον, με απευθείας παραπομπή στην αναπαράσταση.

- Ύπαρξη και ιδιότητες λεζάντας: Η αναπαράσταση έχει υπότιτλο «Κατά την εξάτμιση ορισμένα μόρια δραπετεύουν από την επιφάνεια του υγρού.», ο οποίος είναι επαρκής, σύντομος, περιεκτικός και προσδίδει αυτοτέλεια στην αναπαράσταση.

Η συγκεκριμένη αναπαράσταση βρίσκεται στην παράγραφο «Εξάτμιση και συμπύκνωση» του σχολικού εγχειριδίου της Β' Γυμνασίου. Πρόκειται για μια μικροσκοπική αναπαράσταση, η οποία χαρακτηρίζεται από κατάλληλη λεζάντα και απόλυτη σύνδεση με το λεκτικό κείμενο. Ωστόσο τα επιφανειακά χαρακτηριστικά δεν επαρκούν για την πλήρη εμπέδωση του φαινομένου της εξάτμισης μέσω της αναπαράστασης. Η λεκτική δήλωση της υγρής και αέριας κατάστασης των μορίων του νερού, καθώς επίσης και η οριοθέτηση της επιφάνειας, καθώς μόνο όταν τα μόρια ενός υγρού βρεθούν στην επιφάνειά του έχουν τη δυνατότητα να ξεφύγουν, θα ήταν περισσότερο βοηθητική.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

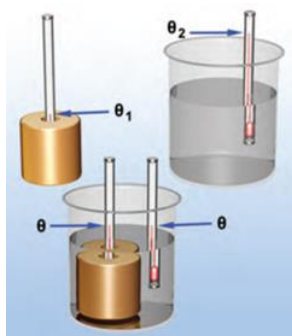
Οι πολλαπλοί τρόποι αναπαράστασης παίζουν σπουδαίο ρόλο στην οικοδόμηση της γνώσης και στον επιστημονικό εγγραμματισμό. Το διδακτικό εγχειρίδιο είναι βασικό εργαλείο στη διδακτικο-μαθησιακή διαδικασία, το οποίο κατευθύνει τόσο τον εκπαιδευτικό, όσο και τον μαθητή. Συνεπάγεται ότι η συνεχής μελέτη για τη βελτίωσή του, ώστε να εξυπηρετεί κατά τον βέλτιστο τρόπο τον σκοπό του είναι αναγκαία. Προκειμένου να ενισχύσουμε την κατανόηση των μαθητών στην επιστήμη, είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν όλα τα διαθέσιμα μέσα και να αναπτύξουμε νέες πρακτικές και στρατηγικές που θα τα αξιοποιούν. Τα περιβάλλοντα μάθησης αλλάζουν, επομένως με τον ίδιο τρόπο θα πρέπει να εξελιχθούν και τα βιβλία, ώστε να μπορούν να τα υποστηρίξουν αποτελεσματικά. Ένας από τους στόχους της εκπαίδευσης είναι να διαμορφώσει αυτόνομους σπουδαστές, που δεν εξαρτώνται από την συμπληρωματική επέμβαση ενός εκπαιδευτικού, αλλά έχουν πρόσβαση στην επιστήμη και την εκμάθησή της ακόμα και όταν το μόνο μέσο που τους διατίθεται είναι το σχολικό βιβλίο. Επιπλέον, οι εκπαιδευτικοί θα πρέπει να εφοδιάζονται με τις απαραίτητες γνώσεις για την πολυτροπική προσέγγιση του αντικειμένου που θα κληθούν να διδάξουν. Η αλλαγή των εκπαιδευτικών μεθόδων και η συμβατότητά τους με τη νέα πολυμεσική πραγματικότητα είναι υψίστης σημασίας για την έγερση του ενδιαφέροντος των μαθητών και την προαγωγή της μάθησης.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Συνέντευξη καθηγητών

Φύλο:	
Ειδικότητα:	
Χρόνια υπηρεσίας:	

1. Ποια είναι η γενική σας εκτίμηση για το εικονιστικό μέρος του βιβλίου της Φυσικής Β' Γυμνασίου στην ενότητα της Θερμότητας και ποια για το εικονιστικό μέρος του βιβλίου της Φυσικής Β' Λυκείου στην ενότητα της Θερμοδυναμικής;
2. Χρησιμοποιείτε το οπτικό περιεχόμενο του βιβλίου στην διδακτική διαδικασία; Αν ναι, με ποιον τρόπο;
3. Τι αλλαγές θα προτείνατε στο κομμάτι των αναπαραστάσεων ώστε να ικανοποιούνται οι διδακτικές ανάγκες του μαθήματος;
4. Ποια είναι η άποψή σας για τις εικόνες που ακολουθούν; Καλύπτουν επιστημονικά-ενδοκλαδικά και παιδαγωγικά κριτήρια;



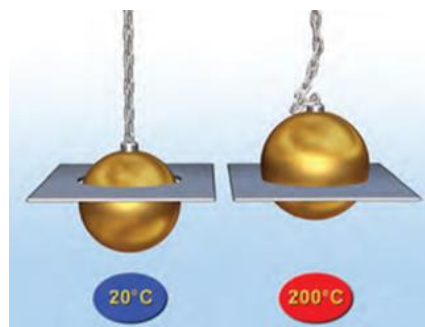
ΦΓ13



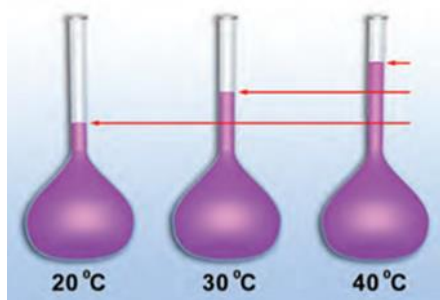
ΦΓ16



ΦΓ26



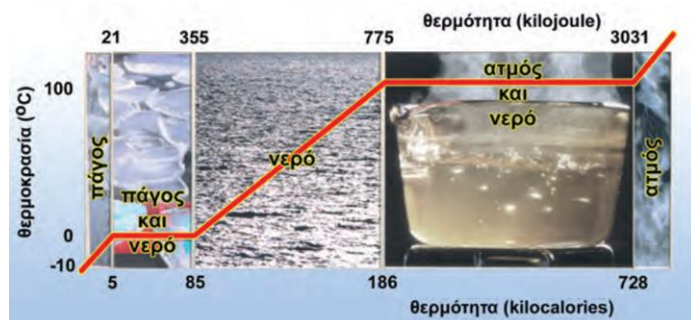
ΦΓ28



ΦΓ34



ΦΓ46



ΦΓ53

5. Ακολουθούν διδακτικές προτάσεις για κάθε μια από τις από τις αναπαραστάσεις που προηγήθηκαν. Παρακαλώ σχολιάστε.

ΦΓ13 Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση μιας πειραματικής διαδικασίας μεταφοράς θερμικής ενέργειας, μπορεί να αξιοποιηθεί διδακτικά σε όλες τις φάσεις της διδασκαλίας. Στην αρχή της παραγράφου προτείνεται να χρησιμοποιηθεί ως ερέθισμα (πριν ακόμα διασαφηνιστεί η έννοια της θερμότητας) και κίνητρο για ανάπτυξη υποθέσεων. Στην ροή του μαθήματος και παράλληλα με τον ορισμό της έννοιας της θερμότητας μπορεί να συνοδευτεί με καταιγισμό ιδεών και ερωτήματα του τύπου: Τι νομίζετε ότι μεταφέρεται; Τι διαφορά έχει η θερμότητα με τη θερμοκρασία; Θα μπορούσαν δύο σώματα με διαφορά θερμοκρασίας που έρχονται σε επαφή να μην ανταλλάσουν ενέργεια; Στο τέλος του μαθήματος ενδείκνυται για εμπέδωση του φαινομένου και έλεγχο της κατανόησης του περιεχομένου με αναφορά και άλλων εφαρμογών μεταφοράς ενέργειας λόγω διαφοράς θερμοκρασίας. Σε κάθε περίπτωση ο εκπαιδευτικός θα πρέπει να τονίσει ότι τα υπό εξέταση σώματα έρχονται σε επαφή, ότι η θερμότητα δεν αποθηκεύεται στα σώματα και να βεβαιωθεί ότι οι μαθητές μπορούν να διακρίνουν τη διαφορά μεταξύ των εννοιών της θερμότητας και της θερμοκρασίας.

ΦΓ16 Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση μιας πειραματικής διαδικασίας επεξήγησης της εξάρτησης της απαιτούμενης προσφερόμενης θερμότητας από το είδος των υλικών για συγκεκριμένη μεταβολή θερμοκρασίας δύο σωμάτων, προτείνεται να αξιοποιηθεί διδακτικά στο τέλος του μαθήματος. Μπορεί να γίνει αναφορά στην αρχή του μαθήματος σε σύνδεση με την καθημερινή ζωή ως έναυσμα, ωστόσο δεδομένου ότι αφενός ενέχει μεγαλύτερη πολυπλοκότητα συγκριτικά με τα αποτελέσματα των άλλων δύο πειραμάτων της παραγράφου και αφετέρου εισάγει την έννοια της ειδικής θερμότητας που ακολουθεί, είναι προτιμότερο να προηγηθεί η επεξήγηση των άλλων συμπερασμάτων. Επιπλέον, ο εκπαιδευτικός μπορεί να παραπέμψει τους μαθητές να δοκιμάσουν ανάλογες διαδικασίες στο σπίτι και να καταγράψουν τι παρατηρούν, ώστε να επιβεβαιώσουν τα αντίστοιχα συμπεράσματα. Βάσει του αναλυτικού προγράμματος παρατηρούμε ότι κύρια επιδίωξη είναι η ανάπτυξη της ικανότητας των μαθητών να διατυπώνουν και να εφαρμόζουν το νόμο της θερμιδομετρίας χρησιμοποιώντας τη μαθηματική σχέση.

ΦΓ26 Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση πειραματικής διαδικασίας με βάση την οποία διαπιστώνουμε τη μεταφορά ενέργειας και τον μετασχηματισμό της από μια μορφή σε μια άλλη, προτείνεται να αξιοποιηθεί στη ροή του μαθήματος, αφού ο εκπαιδευτικός έχει βεβαιωθεί ότι οι μαθητές μπορούν να προσδιορίζουν και να αναπτύσσουν τις έννοιες της χημικής ενέργειας, της θερμικής ενέργειας, της εσωτερικής ενέργειας και της μηχανικής ενέργειας, τις οποίες έχουν διδαχθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο. Μπορεί να αξιοποιηθεί ταυτόχρονα με ερωτήσεις, όπως: Παρατηρήστε τη φορά του βέλους. Από πού ξεκινάει και που καταλήγει; Μπορείτε να εξηγήσετε την διαδικασία περιφραστικά; Ενδείκνυται επιπλέον η επίδειξη σχετικών εικόνων και βίντεο με θερμικές μηχανές, αλλά και η διαθεματική σύνδεση με τη Χημεία και τη Βιολογία με αναφορά στη μεταφορά χημικής ενέργειας στον άνθρωπο με την πρόσληψη τροφής και τον μετασχηματισμό της σε κινητική για παραγωγή έργου. Προτείνεται επίσης, ως ανάθεση εργασίας για το σπίτι, η αναζήτηση και άλλων εφαρμογών στις οποίες συμβαίνει μεταφορά ενέργειας και μετασχηματισμός από μια μορφή σε μια άλλη.

ΦΓ28 Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση της θερμικής διαστολής μιας μεταλλικής σφαίρας αφού έχουμε αυξήσει τη θερμοκρασία της, προσφέρεται για αξιοποίηση στην αρχή του μαθήματος ως ερέθισμα και επιπλέον για ανάκληση της βιωματικής γνώσης και κατανόηση της εμπειρίας. Προτείνεται επίσης και στη ροή

του μαθήματος, παράλληλα με την εξήγηση του φαινομένου από τον εκπαιδευτικό με σκοπό την οπτική μνημονική στήριξη. Ενδείκνυται ύστερα η αναφορά και άλλων εφαρμογών από την καθημερινή ζωή, όπως για παράδειγμα μια διαθεματική συσχέτιση της εφαρμογής στον άνθρωπο δανεισμένη από την Βιολογία, ώστε οι μαθητές να καταλάβουν την ενοποίηση των επιστημών. Συγκεκριμένα, μπορούμε να πούμε ότι με την αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος στον άνθρωπο, τα αγγεία διαστέλλονται και αποβάλλουν θερμότητα, ώστε να ρυθμίσουν τη θερμοκρασία του μέσω του ομοιοστατικού μηχανισμού. Η ανάγνωση της φωτογραφίας δεν προϋποθέτει ιδιαίτερη επιστημονική προϋπάρχουσα γνώση, γεγονός που επιτρέπει την εμπέδωση της πληροφορίας από μεγάλο μέρος ενός δυνητικά μαθησιακά ετερογενούς πληθυσμού σε μια τάξη.

ΦΓ34 Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση μιας πειραματικής διαδικασίας η οποία δηλώνει την αναλογία μεταξύ αύξησης της θερμοκρασίας ενός υλικού και αύξησης του όγκου του, προτείνεται να αξιοποιηθεί στη ροή του μαθήματος παράλληλα με την επεξήγηση του λεκτικού κειμένου αναφορικά με τα συμπεράσματα που εξάγονται από την υλοποίηση του πειράματος. Μπορεί να αποτελέσει έναυσμα για συζήτηση και αναζήτηση εφαρμογών και προβλημάτων της καθημερινής ζωής που οφείλονται στη διαστολή. Επιπλέον, σε συνδυασμό με την αναπαράσταση ΦΓ37 η οποία με ένα διάγραμμα απεικονίζει τη μεταβολή του όγκου ενός σώματος για ποικίλα υλικά, όταν η θερμοκρασία μεταβληθεί κατά 1°C , μπορούν να τεθούν ερωτήσεις όπως: Με βάση την ανάγνωση των δύο εικόνων, πώς νομίζετε ότι λειτουργεί το θερμόμετρο υδραργύρου; Θα μπορούσαμε να αντικαταστήσουμε τον υδράργυρο με νερό; Γιατί; Ίσως έχετε παρατηρήσει κατά τους καλοκαιρινούς μήνες το ρεζερβουάρ ενός αυτοκινήτου που μόλις γέμισε με καύσιμα και παρέμεινε σε ακινησία στον ήλιο να ξεχειλίζει, γιατί νομίζετε ότι μπορεί να συμβαίνει αυτό; Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί στο τέλος του μαθήματος για έλεγχο της κατανόησης της κυβικής διαστολής και να ζητηθεί από τους μαθητές να διατυπώσουν υπότιτλο με βάση την οπτική ανάγνωση.

ΦΓ46 Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση των τριών πιθανών καταστάσεων ενός υλικού η οποία συνδέεται με τις έννοιες της θερμότητας και της θερμοκρασίας, προτείνεται να αξιοποιηθεί στην αρχή του μαθήματος, ως ερέθισμα και προετοιμασία για το περιεχόμενο. Η στερεή και η υγρή κατάσταση των υλικών είναι εύκολα αντιληπτή εφόσον είναι ορατή, ωστόσο η αέρια κατάσταση ενδείκνυται

να συζητηθεί παραπάνω. Μπορούμε να ζητήσουμε από τους μαθητές να ανακαλέσουν περιπτώσεις από την καθημερινή τους εμπειρία που αντιλαμβάνονται την αέρια κατάσταση ενός υλικού, παρόλο που δεν τη βλέπουν. Ο σκοπός της παράθεσης στην παρούσα εισαγωγική φάση είναι κυρίως η πληροφόρηση και η εμπέδωση της πληροφορίας ότι η κατάσταση ενός υλικού σχετίζεται άμεσα από τη θερμοκρασία.

ΦΓ53 Διδακτική Αξιοποίηση: Η εικόνα, οπτικοποίηση ενός γραφήματος σε συνδυασμό με τις αντίστοιχες καταστάσεις της ύλης σε κάθε περιοχή, προτείνεται να αξιοποιηθεί στο τέλος του μαθήματος για εμπέδωση της πληροφορίας. Λαμβάνοντας υπόψιν τη μικρή εμπειρία των μαθητών στην ανάλυση τέτοιων γραφημάτων, ενδείκνυται περαιτέρω επεξεργασία, ώστε να βεβαιωθεί ο εκπαιδευτικός ότι οι μαθητές αντιλαμβάνονται την αναπαράσταση αλλά επιπλέον μπορούν και να την εξηγήσουν. Η αξιοποίηση της απεικόνισης σε συνδυασμό με την επεξεργασία του κειμένου μπορεί να γίνει είτε παραγωγικά, δηλαδή από τις λεκτικές πληροφορίες για τα φαινόμενα στην εικόνα, είτε επαγωγικά, δηλαδή από τα στοιχεία της εικόνας στους ορισμούς των φαινομένων που παρατίθενται λεκτικά. Με όποιον τρόπο και αν αποφασίσει ο εκπαιδευτικός να χρησιμοποιήσει την εικόνα, είναι σημαντικό να δώσει χρόνο στους μαθητές να την σκεφτούν, καθώς θα κληθούν πολύ συχνά να εξετάσουν και να αναλύσουν τέτοιου είδους γραφήματα στη Φυσική.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Adoniou, M. (2013). Drawing to support writing development in English language learners. *Language and Education*.
2. Ainsworth, S. (2006). DeFT: A conceptual framework for considering learning with multiple representations. *Learning and instruction*.
3. Airey, J., & Linder, C. (2009). A disciplinary discourse perspective on university science learning: Achieving fluency in a critical constellation of modes. *Journal of Research in Science Teaching*.
4. Arnheim, R. (1969). *Visual Thinking*. University of California Press. pp. 2-6.
5. Badilescu, S. (2001). Chemistry for beginners. Women authors and illustrators of early chemistry textbooks. *The Chemical Educator*.
6. Bernstein, B. (1975). *Class, codes and control: Towards a theory of educational transmissions (Vol. 3)* (pp77-103). London and New York: Routledge.
7. Dufresne, R. J., Gerace, W. J., & Leonard, W. J. (1997). Solving physics problems with multiple representations. *The Physics Teacher*.
8. Ebbing, D., & Gammon, S. D. (1999). *General chemistry*. Μετάφραση: Νικόλαος Δ. Κλούρας. Έκτη έκδοση. Εκδοτικός οίκος: ΤΡΑΥΛΟΣ. 2002.
9. Fredlund, T., Airey, J., & Linder, C. (2012). Exploring the role of physics representations: an illustrative example from students sharing knowledge about refraction. *European Journal of Physics*.
10. Fredlund, T., Linder, C., Airey, J., & Linder, A. (2014). Unpacking physics representations: Towards an appreciation of disciplinary affordance. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*.
11. Fredlund, T., Airey, J., & Linder, C. (2015). Enhancing the possibilities for learning: variation of disciplinary-relevant aspects in physics representations. *European journal of physics*.
12. Gabel, D. (1999). Improving teaching and learning through chemistry education research: A look to the future. *J. Chem. Educ.*
13. Gardner, H., & Hatch, T. (1989). Educational implications of the theory of multiple intelligences. *Educational researcher*.
14. Gardner, H. (2011). *The unschooled mind: How children think and how schools should teach*.

15. Gilbert, J. K. (2005). Visualization: A metacognitive skill in science and science education. In *Visualization in science education* (pp. 9-27). Springer Netherlands.
16. Gilbert, J. K., & Osborne, R. J. (1980). The use of models in science and science teaching. *European Journal of Science Education*.
17. Gilbert, J. K., & Treagust, D. F. (2009). Introduction: Macro, submicro and symbolic representations and the relationship between them: Key models in chemical education. In *Multiple representations in chemical education* (pp.1-8). Springer Netherlands.
18. Gkitzia, V., Salta, K., & Tzougraki, C. (2011). Development and application of suitable criteria for the evaluation of chemical representations in school textbooks. *Chemistry Education Research and Practice*.
19. Habraken, C. L. (1996). Perceptions of chemistry: Why is the common perception of chemistry, the most visual of sciences, so distorted?. *Journal of Science Education and Technology*.
20. Harrison, A. G. (2001). How do teachers and textbook writers model scientific ideas for students?. *Research in science education*.
21. Hatzinikita, V., Dimopoulos, K., & Christidou, V. (2008). PISA test items and school textbooks related to science: A textual comparison. *Science Education*.
22. Hogan, T., Rabinowitz, M., & Craven III, J. A. (2003). Representation in teaching: Inferences from research of expert and novice teachers. *Educational Psychologist*.
23. Kelly Watkins, J., Miller, E., & Brubaker, D. (2004). The Role of the Visual Image: What Are Students Really Learning from Pictorial Representations?. *Journal of Visual Literacy*.
24. Kohl, P. B., & Finkelstein, N. D. (2006). Effects of representation on students solving physics problems: A fine-grained characterization. *Physical review special topics-Physics education research*.
25. Kohl, P. B., & Finkelstein, N. D. (2006). Effect of instructional environment on physics students' representational skills. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*.
26. Kohl, P., Rosengrant, D., Finkelstein, N., Hsu, L., & Heron, P. (2007, January). Comparing explicit and implicit teaching of multiple representation

- use in physics problem solving. In 2006 physics education research conference.
27. Kohl, P. B., Rosengrant, D., & Finkelstein, N. D. (2007). Strongly and weakly directed approaches to teaching multiple representation use in physics. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*, 3(1), 010108.
 28. Kress, G. R., & Van Leeuwen, T. (1996). *Reading images: The grammar of visual design*. London and New York: Routledge.
 29. Kress, G. (Ed.). (2001). Multimodal teaching and learning: The rhetorics of the science classroom. A&C Black, pp 42-43.
 30. Kress, G. R., & Van Leeuwen, T. (2001). *Multimodal Discourse: The Modes and Media of Contemporary Communication*. Oxford UK: Oxford University Press, pp1-2.
 31. Larkin, J. (1985). Understanding, problem representations, and skill in physics. *Thinking and learning skills*, 2.
 32. Larkin, J. H., & Simon, H. A. (1987). Why a diagram is (sometimes) worth ten thousand words. *Cognitive science*.
 33. Lee, V. R. (2010). Adaptations and continuities in the use and design of visual representations in US middle school science textbooks. *International Journal of Science Education*.
 34. Le Maréchal, J. F., & El Bilani, R. (2008). Teaching and learning chemical thermodynamics in school. *International Journal of Thermodynamics*.
 35. Lemke, J. L. (1998, October). Teaching all the languages of science: Words, symbols, images, and actions. In *Conference on Science Education in Barcelona*.
 36. Linder, C. (2013). Disciplinary discourse, representation, and appresentation in the teaching and learning of science. *European Journal of Mathematics and Science Education*.
 37. Magnusson, S., & Krajcik, J. S. (1993). Teacher Knowledge and Representation of Content in Instruction about Heat Energy and Temperature.
 38. Mathewson, J. H. (2005). The visual core of science: Definition and applications to education. *International Journal of Science Education*.
 39. Metallinos, N. (1993). Verbo-Visual Literacy: Understanding and Applying New Educational Communication Media Technologies. Selected Readings from the Symposium of the International Visual Literacy Association (Delphi,

- Greece, June 25-29, 1993). James L. Bradford, 6370 Instructional Technology Services, Illinois State University, Normal, IL 61790-6370.
40. Nakhleh, M. B. (1993). Are our students conceptual thinkers or algorithmic problem solvers? Identifying conceptual students in general chemistry. *J. Chem. Educ.*
 41. Papageorgiou, G., Amariotakis, V., & Spiliotopoulou, V. (2017). Visual representations of microcosm in textbooks of chemistry: Constructing a systemic network for their main conceptual framework. *Chemistry Education Research and Practice*.
 42. Phelps, M. L. (1856). Familiar lectures on botany.
 43. Pintó, R., & Ametller, J. (2002). Students' difficulties in reading images. Comparing results from four national research groups. *International Journal of Science Education*.
 44. Podolefsky, N. S., & Finkelstein, N. D. (2006). Use of analogy in learning physics: The role of representations. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*.
 45. Podolefsky, N. S., & Finkelstein, N. D. (2007). Analogical scaffolding and the learning of abstract ideas in physics: An example from electromagnetic waves. *Physical Review Special Topics-Physics Education Research*.
 46. Stern, L., & Roseman, J. E. (2004). Can middle-school science textbooks help students learn important ideas? Findings from Project 2061's curriculum evaluation study: Life science. *Journal of research in science teaching*.
 47. Tang, K. S., Delgado, C., & Moje, E. B. (2014). An integrative framework for the analysis of multiple and multimodal representations for meaning-making in science education. *Science Education*.
 48. Tang, K. S., Tan, S. C., & Yeo, J. (2011). Students' multimodal construction of the work–energy concept. *International Journal of Science Education*.
 49. Van Heuvelen, A. (1991). Learning to think like a physicist: A review of research-based instructional strategies, *American Journal of Physics*.
 50. Van Heuvelen, A., & Zou, X. (2001). Multiple representations of work–energy processes. *American Journal of Physics*.
 51. Volkmann, M. J., & Zgagacz, M. (2004). Learning to teach physics through inquiry: The lived experience of a graduate teaching assistant. *Journal of Research in Science Teaching*.

52. Young, D. H., Πανεπιστημιακή Φυσική, Τόμος Α', Μηχανική – Θερμοδυναμική, Addison – Wesley Publishing Company, Pittsburgh, Pennsylvania, 1991, Μετάφραση-Επιμέλεια από ομάδα πανεπιστημιακών, Εκδόσεις Παπαζήση, Όγδοη έκδοση, Αθήνα, 1994.
53. Αντωνίου, Ν., Δημητριάδης, Π., Καμπούρης, Κ., Παπαμιχάλης, Κ., & Παπασιμίπα, Λ. (2015). Φυσική Β' Γυμνασίου. Έκδοση 2015. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».
54. Βλάχος, Ι., Γραμματικάκης, Ι., Καραπαναγιώτης, Β., Περιστερόπουλος, Π., Τιμοθέου, Γ., Ιωάννου, Α., Ντάνος, Γ., Πήττας, Α., & Ράπτης, Σ. (2015). Φυσική Ομάδας Προσανατολισμού Θετικών Σπουδών Β' Λυκείου. Έκδοση 2015. Ινστιτούτο Τεχνολογίας Υπολογιστών και Εκδόσεων «Διόφαντος».
55. Ζησιού, Ε. Π. (2014). Ανάλυση των Εφαρμογών των Επιστημονικών μοντέλων στα σχολικά βιβλία Φυσικής και Χημείας στην περιοχή της θερμότητας/θερμοδυναμικής. Θεσσαλονίκη: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Χημείας. ΔΔΠΜΣ-ΔιΧηNET.
56. Κουλαϊδής, Β., Δημόπουλος, Κ., Σκλαβενίτη, Σ., Χρηστίδου, Β. (2002) Τα κείμενα της Τεχνο-επιστήμης στον δημόσιο χώρο. Αθήνα: Εκδόσεις Μεταίχμιο.
57. Κουλουμπαρίτση, Α. Χ. (2015). Το σχολικό βιβλίο Σχεδιασμός-Διδασκαλία-Αξιολόγηση. Αθήνα: Εκδόσεις Γρηγόρη.
58. Λιοδάκης Σ., Γάκης Δ., Θεοδωρόπουλος Δ., Θεοδωρόπουλος Π. και Κάλλης Α.. (2009). Χημεία Β' Λυκείου Θετικής Κατεύθυνσης. Έκδοση 2009. Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων. Αθήνα.
59. Ματσαγγούρας, Η. (2009). Κριτική Ανάλυση της Διδακτικής και Μαθησιακής Λειτουργίας των Διδακτικών Εγχειριδίων, Συγκριτική και Διεθνής Εκπαιδευτική Επιθεώρηση, τχ.13.
60. Ματσαγγούρας, Η. (2006). Διδακτικά Εγχειρίδια: Κριτική Αξιολόγηση Γνωσιακής, Διδακτικής και Μαθησιακής Λειτουργίας. Συγκριτική και Διεθνής Εκπαιδευτική Επιθεώρηση, τχ.7.
61. Νεοκοσμίδης, Ε. (2006). «Παρανοήσεις μαθητών σε έννοιες και αρχές της θερμοδυναμικής. Πρόταση πρωτότυπων πειραμάτων για την υποστήριξη της μάθησης». Αθήνα: Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών. Σχολή Θετικών Επιστημών. Τμήμα Χημείας. ΔΔΠΜΣ-ΔιΧηNET.