



## Οι έννοιες θερμότητα και πίεση

Ανδρέας Βαλαδάκης (Βαρβάκειο Λύκειο)  
 Γιάννης Θάνος (υπεύθυνος ΕΚΦΕ Πειραιά)  
 Κώστας Καμπούρης (υπεύθυνος ΕΚΦΕ Χαλανδρίου)  
 Βαγγέλης Κολτσάκης (Καλλιτεχνικό Γυμνάσιο Θεσσαλονίκης)  
 Γιάννης Κυριακόπουλος (2<sup>ο</sup> Λύκειο Αγίας Βαρβάρας)  
 Πάνος Μουρούζης (υπεύθυνος ΕΚΦΕ Κέρκυρας)  
 Γιώργος Μωραΐτης (5<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Καλλιθέας)  
 Μερκούρης Παναγιωτόπουλος (2<sup>ο</sup> Λύκειο Χαλανδρίου)  
 Θεόδωρος Πιερράτος (2ο Γενικό Λύκειο Εχθάρου)  
 Σπύρος Σαμακός (1<sup>ο</sup> Λύκειο Νέου Ηράκλειου)  
 Γιώργος Φασουλόπουλος (5<sup>ο</sup> Γυμνάσιο Καλλιθέας)  
 Συντονιστής : Ανδρέας Ιωάννου Κασσέτας (akasset@otenet.gr)

### Περίληψη

Το έλλειμμα επικοινωνίας των στρατηγικών που εφαρμόζονται στη διδασκαλία των φαινομένων και εννοιών, ενισχύει την πεποίθηση των μαθητών, ότι η Φυσική αποτελεί «μάθημα για λίγους». Αυτή η εργασία επιχειρεί να συνεισφέρει στην υιοθέτηση εκείνων των «καλών πρακτικών» που έχουν εφαρμοστεί σε ορισμένα σχολικά εργαστήρια και ενισχύουν την οικοδόμηση των εννοιών *πίεση* και *θερμότητα* με έμφαση στη λειτουργική συνέχεια κατά τη διδακτική διαπραγμάτευσή τους στις δυο εκπαιδευτικές βαθμίδες. Παράλληλα, μέσα από μία ανάλυση των δύο εννοιών, επιχειρείται να αναδειχθούν τα επιστημολογικά χαρακτηριστικά που θα διευκολύνουν μία «διαφορετική» αντίστοιχη διδασκαλία, έτσι ώστε να ξεπεραστεί το φράγμα των αφηρημένων χαρακτηριστικών τους και να συμμετάσχει ο μεγαλύτερος δυνατός αριθμός μαθητών στις διαδικασίες μάθησης.

Η παρουσίαση της έννοιας *θερμότητα* επικεντρώνεται στο «πώς οικοδομείται» η έννοια αυτή με αναφορά στις κρίσιμες ιδέες, οι οποίες σε συνδυασμό με ποικίλα εμπειρικά στοιχεία, οδήγησαν στην τελική της μορφή. Η παρουσίαση της έννοιας *πίεση* επικεντρώνεται σε υλικά αντικείμενα και σε φαινόμενα - τόσο σε συνήθη φαινόμενα της καθημερινής ζωής όσο και σε «παράξενα» φαινόμενα της εργαστηριακής εμπειρίας - με βάση τα οποία επιδιώκεται η περιγραφή μιας διαδρομής προς την οικοδόμησή της. Και οι δύο παρουσιάσεις καταλήγουν σε αντίστοιχες προτάσεις για μία, μέσα από διδασκαλία, οικοδόμηση καθεμιάς από τις δύο έννοιες τόσο στο Γυμνάσιο όσο και στο Λύκειο.

### Abstract

The lack of communication between teaching strategies of Physics concepts and phenomena, strengthens the well established aspect of students that Physics is an elitist lesson, only for the brightest brains. This work tries to elicit the “good practices” which were applied in school science laboratories, and were aimed at the construction of the concepts of heat and pressure, emphasizing on the conceptual continuousness, in both educational grounds. In the same time, an epistemological analysis of the concepts, points out the features which contribute to the teaching differentiation. The goal is to help the majority of students to take part in the learning processes.

The presentation of the concept of heat focuses on the critical ideas, which along with a variety of empirical data, led the concept to its final form. The presentation of the concept of

pressure focuses on to material objects and events, both common events of everyday life and "strange" phenomena of the laboratory experience and is intended to describe a path towards its construction. Both presentations lead to proposals for the construction of the two concepts through teaching in Gymnasium and Lyceum.

## Η έννοια θερμότητα

Η έννοια διατρέχει κάθετα το ισχύον πρόγραμμα σπουδών της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης διδασκόμενη κυρίως στην Β' Γυμνασίου και στη Β' Λυκείου - τόσο στο μάθημα της Γενικής Παιδείας όσο και στο μάθημα της Κατεύθυνσης - αλλά χρησιμοποιούμενη, με έναν «χαλαρό» τρόπο, και σε όλες τις υπόλοιπες τάξεις. Η κατάσταση αυτή έχει ως συνέπεια να διδάσκονται οι μαθητές, κατά τη διάρκεια της σχολικής τους ζωής, ψηφίδες από τη συνολική εικόνα της έννοιας και να μετατοπίζουμε σε αυτούς την ευθύνη να τις τοποθετήσουν στις σωστές θέσεις ώστε να συμπληρώσουν το πάζλ.

Ξεκινώντας από αυτή τη διαπίστωση του «κατακερματισμού» στη διδασκαλία της έννοιας, η παρούσα παρέμβαση βασίζεται στην πεποίθηση έχει ως κύριο στόχο να προτείνει μια συνεκτική παρουσίαση της έννοιας θερμότητα (Knight 2004), μέσα από την οικοδόμησή της.

Η πρόταση φιλοδοξεί να καλύψει όλη τη διαδρομή της έννοιας στις δύο βαθμίδες της Δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης και θεμελιώνεται στην πεποίθηση ότι η διδασκαλία των φυσικών επιστημών στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση θα πρέπει να χαρακτηρίζεται πριν από όλα από το στοιχείο της σύγκρισης του επιστημονικού με τους άλλους τρόπους σκέψης (Mathews 1994). Η πρόταση επιδιώκει να παρουσιάσει, σε αδρές γραμμές, το ιστορικό πλαίσιο (Gillispie 1980) και τις ανάγκες που οδήγησαν στην εισαγωγή της έννοιας θερμότητα καθώς και τα κρίσιμα φαινόμενα αλλά και τις ιδέες εκείνες που μας ώθησαν να υιοθετήσουμε ένα συγκεκριμένο μοντέλο για τη φύση της, την ιδέα δηλαδή ότι η θερμότητα είναι ένας από τους μηχανισμούς με τους οποίους επιτυγχάνεται η μεταφορά της ενέργειας (Segré 1983). Σχηματικά λοιπόν, και με παράδειγμα την έννοια θερμότητα, παρουσιάζεται μια στοιχειώδης δομή για το πως μια έννοια δημιουργείται, αποκτά, ορισμένες φορές, ποσοτική υπόσταση και τέλος χάνει την ανεξαρτησία της καθώς ενσωματώνεται σε μια ευρύτερη έννοια.

Θα τεθεί επίσης προς συζήτηση το εάν ορισμένες σημαντικές για την εξέλιξη της Φυσικής ιδέες, όπως η ιδέα της ενοποίησης των διαφορετικών μέχρι την εποχή του Joule εννοιών θερμότητα και έργο έχουν θέση στο ισχύον πρόγραμμα σπουδών. Ας σημειωθεί ότι το σημερινό πρόγραμμα για τη διδασκαλία της Φυσικής στο Γυμνάσιο έχει ως αφετηρία την *εξ αρχής* παρουσίαση της θερμότητας ως «μια μορφή ενέργειας».

Η πρόταση για την -μέσω διδασκαλίας- οικοδόμηση της έννοιας, εμπεριέχει και την αντιμετώπιση της καταγραφόμενης εννοιακής σύγχυσης (Brook et al. 1984) ανάμεσα στις έννοιες θερμότητα, θερμοκρασία (Driver, 1994) και θερμική ενέργεια. Παραπλεύρως, μέσω της παρέμβασης που θα επιχειρηθεί, θα γίνει προσπάθεια να θιγούν η «χαλαρή» γλώσσα, που όλοι μας ως διδάσκοντες χρησιμοποιούμε καθημερινά, και να επισημανθούν ορισμένα κρίσιμα ζητήματα που άπτονται της ορολογίας - όπως για παράδειγμα η διάκριση θερμότητας και θερμικής ενέργειας (Κασσέτας 2004) και η διπλή σημασία του όρου *θέρμανση* - αλλά και της παρουσίασης των φαινομένων και των νόμων στα οποία εμπλέκεται η έννοια.

## Η -μέσα από τη διδασκαλία- οικοδόμηση της έννοιας θερμότητα

Το πρώτο βήμα. Η εμφάνιση της ιδέας ότι σε φαινόμενα όπως η θέρμανση, η ψύξη και η ανάμειξη ποσοτήτων διαφορετικής θερμοκρασίας υπάρχει «κάτι» που μεταβιβάζεται.

Το δεύτερο βήμα. Η αναγνώριση του ότι «αυτό που μεταβιβάζεται» δεν είναι ποσότητες θερμοκρασίας (Κασσέτας 2000). Η διαπίστωση της ανεπάρκειας της έννοιας θερμοκρασία στο να προβλέπεται η εξέλιξη των φαινομένων.

Η αναγνώριση της ανάγκης για τη δημιουργία μιας νέας έννοιας – ποσότητας η οποία «μεταβιβάζεται».

Το τρίτο βήμα . Η παρουσίαση της πρότασης των φυσικών ότι «αυτό που μεταβιβάζεται δεν είναι «είτε ψύχος είτε θερμότητα» αλλά μόνο θερμότητα. Η αναγνώριση της κοινής αιτίας για μεταβίβαση ενέργειας με μηχανισμό θερμότητας. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων κατά τη μεταβίβαση ενέργειας μέσω θερμότητας .

Το τέταρτο βήμα. Η θερμότητα ως ποσότητα που μπορεί να μετρηθεί .

Η σχέση της θερμότητας με τη μάζα - ποσότητα ύλης. Η μονάδα ένα cal.

Το πέμπτο βήμα . Η ιδέα ότι η θερμότητα είναι «κάτι όπως το έργο» και η επιβεβαίωσή της. Το πείραμα του Joule με έμφαση στην ενοποίηση δύο διαφορετικών μέχρι τότε εννοιών. Αξιοποίηση νέων τεχνολογιών.

Η μονάδα ένα joule.

Το έκτο βήμα . Η έννοια (εσωτερική) θερμική ενέργεια και αποσαφήνιση της εννοιακή διάκρισης ανάμεσα σε θερμότητα και θερμική ενέργεια .

Το έβδομο βήμα Θερμότητα και έργο στον πρώτο νόμο της Θερμοδυναμικής (Knight 2004)

Το όγδοο βήμα . Θερμότητα και έργο ως μορφές μεταβιβαζόμενης ενέργειας με έμφαση στο ότι το έργο είναι πολυτιμότερο από τη θερμότητα. Ο δεύτερος νόμος της Θερμοδυναμικής

Το ένατο βήμα . Η έννοιες θερμοκρασία και θερμική ενέργεια από τη σκοπιά του Μικρόκοσμου

Τα πέντε πρώτα βήματα αναφέρονται στη διδασκαλία της έννοιας στο Γυμνάσιο. Τα βήματα από το τέταρτο έως το ένατο στη διδασκαλία της έννοιας στο Λύκειο.

## Η έννοια πίεση

Η πρόταση βασίζεται στην πεποίθηση ότι η διδασκαλία της Φυσικής στη Δευτεροβάθμια εκπαίδευση οφείλει να παρουσιάζεται ως μία «σύνθεση» εμπειρίας και θεωρητικής σκέψης και συγκριμένα μια σύνθεση (α) δράσης σε υλικά αντικείμενα, (β) περιγραφής φαινομένων, (γ) επινόησης εννοιών και (δ) διατύπωσης νόμων με βάση τους οποίους θα μπορούσαν να προβλεφθούν άλλα φαινόμενα αλλά και να εξηγηθούν φαινόμενα της καθημερινής όσο και της εργαστηριακής εμπειρίας .

Ένα ειδικό στοιχείο της πρότασης είναι η επιδίωξη του να αναδειχθεί ο «μη αποδιδόμενος» συνήθως σεβασμός στα υλικά αντικείμενα και στα φαινόμενα.

Η εμπειρία.

Πράγματα συνηθισμένα. Ρουφάει με το καλαμάκι και η πορτοκαλάδα ανεβαίνει στα χείλη της, πιάζει προς τα κάτω το στέλεχος και ανεβαίνει το χρωματιστό υγροσάπουνο για τα χέρια, οι βεντούζες κολλάνε στο τοίχωμα, είδε με τα μάτια της τον τζαμά να σηκώνει ένα απίστευτα βαρύ τζάμι με μια βεντούζα ή μια άλλη βεντούζα διαφορετική για το ξεβούλωμα του νεροχύτη, θυμάται και τη σύριγγα τότε που χρειάστηκε να της πάρουν αίμα, έκανε την καρδιά της πέτρα και κοίταξε τη σύριγγα που τράβαγε το αίμα, ανοίγει τη βρύση στην κουζίνας στον δεύτερο όροφο και το νερό έρχεται από τα χαμηλά, το νερό φθάνει ακόμα και στο καλοριφέρ του τρίτου αρκεί να γίνει η εξαέρωση, έχει προσέξει και την ηλεκτρική σκούπα καθώς τραβάει τη σκόνη κι ένα πρωινό θυμάται τον μπαμπά να κινεί ένα μοχλό και το νερό από το πηγάδι να ανεβαίνει.

Πράγματα παράξενα (Mathews 1994).

Στο σχολικό εργαστήριο, ένας τενεκές από λαμαρίνα, ο καθηγητής να αφαιρεί με μια αντλία τον αέρα και ο τενεκές να τσαλακώνεται σα να ήταν από χαρτί.

Τις προάλλες άκουσε την παράξενη ιστορία με εκείνα τα ημισφαίρια του Μαγδεμβούργου, κάποιος είχε αφαιρέσει τον αέρα με μια αντλία και οκτώ άλογα τέσσερα από κάθε πλευρά δεν μπορούσαν να τα απομακρύνουν.

Το έκανε μόνη στο σπίτι. Ένα άδειο αλουμινόκουτο, το θέρμανε στο γκαζάκι κι ύστερα το έπιασε προσεκτικά με δύο πετσέτες και το έβαλε σε πιάτο με κρύο νερό, με το άνοιγμα προς τα κάτω. Το αλουμινόκουτο τσαλακώθηκε σαν να ήταν χαρτί. Πρόσεξε ότι και είχε τραβήξει νερό στο εσωτερικό του.

Το είδε με τα μάτια της. Ένα κερί σε λεκάνη με νερό και με ένα ποτήρι να σκεπάζεται το κερί και σε λίγο το κερί να σβήνει και το νερό να ανεβαίνει

Το έκανε μόνη της στο σπίτι. Το νερό στο ποτήρι, από πάνω ένα φύλλο χαρτί, αναστρέφει το ποτήρι και το νερό δεν χύνεται, το χαρτί μένει κολλημένο στα χείλη του ποτηριού και δεν πέφτει, λες και η βαρύτητα ξεχάστηκε.

Το έκανε μόνη της. Σφήνωσε ένα κομμάτι βαμβάκι στον πάτο του ποτηριού, αναποδογύρισε το ποτήρι και το βύθισε σε μεγαλύτερο διαφανές δοχείο με νερό. Ένιωσε να δυσκολεύεται για να το βυθίσει αλλά είδε με τα μάτια της ότι όσο και να το βύθιζε το βαμβάκι παρέμενε στεγνό  
Η σκέψη: Ο αέρας «σπρώχνει»

Μεγαλώσαμε μέσα στον αέρα και το ότι «σπρώχνει» εντυπωσιακά συνήθως δεν το νιώθουμε (Driver et al. 1994). Μέχρι τον 17ο αιώνα οι άνθρωποι δεν είχαν φανταστεί πόσο μεγάλη είναι η δύναμη του ακίνητου αέρα. Ήξεραν βέβαια να φτιάχνουν αντλίες και να ανεβάζουν νερό από τα πηγάδια παρόλο που ήταν γνωστό και αινιγματικό ότι είναι αδύνατον να ανεβάσεις νερό από βάθος μεγαλύτερο των δέκα μέτρων.

Ο αέρας πάντα σπρώχνει (Knight 2004). Σπρώχνει το ταβάνι προς τα πάνω, σπρώχνει το τζάμι του παράθυρου προς τα έξω, σπρώχνει την οριζόντια επιφάνεια του νερού προς τα κάτω, αλλά η δύναμη την οποία ασκεί δεν είναι « κάτι που θα μπορούσε να προβλεφθεί από τη γνώση και μόνο της ύπαρξης του αέρα». Το «προς τα που θα σπρώξει» καθορίζεται από το «πώς είναι τοποθετημένη» η επιφάνεια ενώ το «πόσο θα σπρώξει» καθορίζεται και από τον ίδιο αλλά και από το «πόση είναι» η επιφάνεια στην οποία ασκείται. Η τιμή αυτής της δύναμης εξαρτάται και από το πόση είναι η επιφάνεια αλλά και από κάτι που έχει ο αέρας και αυτό το κάτι είναι η πίεση του αέρα στο σημείο εκείνο. «Δύναμη = εμβαδόν επιφάνειας επί πίεση» πίεση έγινε μια από τις ιδιότητες του αέρα και μία από τις αρχαιότερες εμπειρίες δίδαξε ότι η πίεση μιας ποσότητας αέρα αυξάνεται όταν μικραίνει ο όγκος και αντίστροφα. Τον 17ο αιώνα η πανάρχαια εμπειρία έγινε νόμος της Φυσικής ο οποίος έδινε απάντηση και στο ερώτημα « ποια ακριβώς είναι η σχέση της πίεσης με τον όγκο;» .

Αλλά για να διατυπωθεί ο σχετικός νόμος Boyle –Mariotte, ένας από τους πρώτους νόμους της Φυσικής, χρειάστηκε να επινοηθεί τρόπος για τη μέτρηση της πίεσης.

Η προσπάθεια για τη μέτρηση της πίεσης καρποφόρησε, όταν οι άνθρωποι ερευνητές ενδιαφέρθηκαν για το «τι συμβαίνει με την πίεση ενός υγρού».

Η γλώσσα της καθημερινής ζωής και η γλώσσα της επιστήμης

Τόσο εμείς όσο και οι μαθητές μας έχουμε ανατραφεί με τη γλώσσα της καθημερινής ζωής. Και στη γλώσσα της καθημερινότητας μάθαμε να λέμε ότι «το νερό ασκεί πίεση». Σύμφωνα με τη Φυσική, στην οποία η πίεση θεωρείται ιδιότητα του ρευστού, λέμε « η πίεση του νερού» και όχι «το νερό ασκεί πίεση».

Όπως και στην περίπτωση του αέρα η τιμή της «πιεστικής» δύναμης η οποία θα ασκηθεί, θα καθοριστεί και από το υγρό και από το «πόσο μεγάλη» είναι η επιφάνεια.

Η πίεση μεταφέρεται

Μια από τις πρώτες ιδέες που διατυπώθηκαν για την πίεση κάθε υγρού ήταν φαινομενικά παράξενη αλλά, στα μέσα του 17ου αιώνα, μέσα από την ιδιοφυία του Blaise Pascal έγινε νόμος τον οποίο αποδεχόμαστε μέχρι σήμερα.

Παράξενο. Ένα σημείο στη θάλασσα της Σαντορίνης θα «αισθανθεί» μια μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης με τον ίδιο τρόπο είτε βρίσκεται σε βάθος δύο μέτρων είτε σε βάθος

300 μέτρων. Αυτό σημαίνει ότι εάν, με ένα έμβολο, ασκήσουμε δύναμη στην επιφάνεια ενός υγρού, η δύναμη δεν μεταφέρεται, σε μια άλλη επιφάνεια, εκείνο που μεταφέρεται είναι η πίεση. Η δύναμη, εξάλλου, μπορεί να αυξηθεί. Η Αρχή καθοδήγησε τη σκέψη των ανθρώπων (Hewitt, 1995) στο να φτιάξουν έναν εκπληκτικό πολλαπλασιαστή δύναμης, το υδραυλικό πιεστήριο.

**Εμπειρία. Αιχμηρά αντικείμενα**

Η ιδέα του να οριστεί η πίεση τόσο με την αντίστοιχη πιεστική δύναμη όσο και με το εμβαδόν της επιφάνειας ενισχύθηκε και από την πανάρχαια εμπειρία των αιχμηρών αντικειμένων.

Η δασκάλα μας η Εμπειρία μας διδάσκει ότι αντικείμενα, όπως οι σουγιάδες, τα τσεκούρια, τα πριόνια, τα καρφιά, τα νύχια της γάτας, οι γόβες στιλέτο, οι καρφίτσες, τα σπαθιά, κόβουν και τρυπάνε επειδή είναι αιχμηρά. Η Φυσική το «αιχμηρά» το μεταφράζει σε «έχουν σχετικά μικρή επιφάνεια» επινοεί την έννοια πίεση και την οικοδομεί έτσι ώστε κατά τη δράση μιας ορισμένης δύναμης, όταν η επιφάνεια είναι μικρή η πίεση να είναι μεγάλη.

Η έννοια πίεση σχετίζεται μόνο με δυνάμεις που περιγράφουν το «σπρώχνω», το «πιέζω» και το «συμπιέζομαι». Δεν έχει δηλαδή σχέση με δυνάμεις όπως η τριβή, ή όπως η δύναμη του τεντωμένου νήματος σε ένα αντικείμενο η οποία περιγράφει το γεγονός ότι το νήμα τραβάει το αντικείμενο. Όλες οι «πιεστικές» αυτές δυνάμεις παριστάνονται με μια ορισμένη Γεωμετρία, με ένα διάνυσμα κάθετο στην αντίστοιχη επιφάνεια

**Η μεγάλη πρωταγωνίστρια.** Η πίεση ως έννοια έχει περιορισμένο ενδιαφέρον για τη μελέτη των στερεών σωμάτων και περιορίζεται κυρίως στο να ερμηνεύσει φαινόμενα παραμορφώσεων. Κατά τη μελέτη όμως των υγρών και των αερίων η έννοια πίεση αναδεικνύεται σε μεγάλη πρωταγωνίστρια. Καταφέρνει τελικά να έχει τον πρώτο λόγο στην περιγραφή, την ερμηνεία και την πρόβλεψη τόσο της ισορροπίας των υγρών όσο και της σχετικής ροής.

## **Η -μέσα από τη διδασκαλία- οικοδόμηση της έννοιας πίεση**

Το πρώτο βήμα. Η αναγνώριση ενός γεγονότος το οποίο πάντοτε συμβαίνει χωρίς να γίνεται άμεσα αντιληπτό. Το γεγονός είναι ότι «ο αέρας σπρώχνει» (Holton 1985) και μάλιστα εντυπωσιακά.

Το δεύτερο βήμα. Η έμφαση στο ότι η δύναμη την οποία ασκεί ο αέρας δεν είναι «κάτι που ανήκει στον αέρα». Το «προς τα που θα σπρώξει» καθορίζεται από το «πώς είναι τοποθετημένη» η επιφάνεια ενώ το «πόσο θα σπρώξει» καθορίζεται και από τον ίδιο αλλά και από το «πόση είναι» η επιφάνεια την οποία σπρώχνει. Η ανεπάρκεια της έννοιας δύναμη στο να περιγράψει τα φαινόμενα με τον αέρα.

Το τρίτο βήμα. Η πρόταση για έναν ορισμό της έννοιας πίεση με τη σχέση «σπρώχνουσα δύναμη = εμβαδόν επιφάνειας επί πίεση». Η μονάδα ένα pascal.

Η μετακίνηση από τη διατύπωση *πίεση που ασκεί ο αέρας* στη διατύπωση *πίεση του αέρα*.

Το τέταρτο βήμα. Η επίκληση σε «μνήμες πίεσης». Η εμπειρία των αιχμηρών αντικειμένων ως ενίσχυση της ιδέας να οριστεί η πίεση με βάση τη «σπρώχνουσα» (πιεστική) δύναμη και το εμβαδόν.

Το πέμπτο βήμα. Η εστίαση στην έννοια πίεση ενός υγρού προκειμένου να επινοηθεί τρόπος για τη μέτρηση της πίεσης. Η απάντηση στο ερώτημα «τι σημαίνει πίεση ενός υγρού σε μια περιοχή του;» Η πίεση του υγρού ως δυνατότητα του υγρού στο να σπρώχνει την επιφάνεια οποιουδήποτε επισκέπτη

Το έκτο βήμα. Η παρουσίαση της «παράξενης» ιδέας ότι κάθε μεταβολή της πίεσης στην επιφάνεια ενός υγρού μεταφέρεται αναλλοίωτη σε όλη την έκταση του υγρού, ενώ αυτο δεν ισχύει με τη μεταφορά δύναμης. Η Αρχή του Pascal. Η εφαρμογή του ότι μπορούμε να αυξάνουμε μια δύναμη

Το έβδομο βήμα . Η σχέση της πίεσης με τη βαρύτητα . Η αναγνώριση του ότι η πίεση ενός υγρού αυξάνεται με το βάθος εξαιτίας της βαρύτητας . Η έννοια *υδροστατική πίεση* ως «η λόγω βαρύτητας παραπάνω πίεση» κατά την ισορροπία ενός υγρού . Η μέτρηση της πίεσης. Το μανόμετρο.

Το όγδοο βήμα. Το φαινόμενο ισορροπία ενός ρευστού. Ισότητα πιέσεων στο ίδιο υψόμετρο σημαίνει ισορροπία του αρχικά ακίνητου ρευστού.

Το ένατο βήμα. Η παρουσίαση της ιδέας ότι «διαφορά πιέσεων» στο ίδιο υψόμετρο έχει ως αποτέλεσμα τη ροή του αρχικά ακίνητου ρευστού. Ο άνεμος. Ο νόμος Bernoulli.

Το δέκατο βήμα. Η μέτρηση της ατμοσφαιρικής πίεσης. Το βαρόμετρο.

Το ενδέκατο βήμα. Η σχέση της πίεσης με τον όγκο ενός αερίου ανεξάρτητα από τη βαρύτητα. Ο νόμος Boyle-Mariotte .

Το δωδέκατο βήμα. Η έμφαση στο ότι «ένα αέριο έχει πάντα πίεση» ως γέφυρα για το πέρασμα στον Μικρόκοσμο.

Το δέκατο τρίτο βήμα. Η ιδέα ότι η τιμή της πίεση ενός αερίου σε δοχείο μπορεί να θεωρηθεί ανεξάρτητη από τη βαρύτητα . Τα μοντέλα *κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας, αντιστρεπτή μεταβολή και ιδανικό αέριο* ως στοιχεία για την οικοδόμηση της καταστατικής εξίσωσης των ιδανικών αερίων.

Το δέκατο τέταρτο βήμα. Η πίεση ως έννοια του Μακρόκοσμου και ο Μικρόκοσμος των αερίων

Τα δώδεκα πρώτα βήματα αναφέρονται στη διδασκαλία της έννοιας στο Γυμνάσιο. Τα βήματα από το ενδέκατο έως το δέκατο τέταρτο στη διδασκαλία της έννοιας στο Λύκειο.

### **Βιβλιογραφία**

Κασσέτας, Ιωάννου, Ανδρέας ( 2000). *Το μακρόν Φυσική προ του βραχέος διδάσκω*. Εκδόσεις Σαββάλα, Β΄ έκδοση, Αθήνα.

Κασσέτας, Ιωάννου, Ανδρέας ( 2004). *Το μήλο και το κουάρκ*. Εκδόσεις Σαββάλα, Αθήνα,

Brook, A., Briggs, H., Bell, B., Driver, R. (1984) Aspects of secondary students' understanding of heat, p. 48 *Understanding of heat*

Driver Rosalind, Squires Ann, Rushworth Peter, Wood-Robinson Valerie (1994). *Making sense of secondary science*. ed. Routledge, London and New York.

Gillispie, Coulston, Charles ( 1980) . *The Edge of Objectivity*. Σε ελληνική μετάφραση του Δημοσθένη Κούρτοβικ , Στην κόψη της αλήθειας, εκδ. Μορφωτικό Ίδρυμα Εθνικής Τραπέζης

Hewitt, G. Paul, ( 1985) *Conceptual Physics*. Ed. Little, Brown and Company, Boston - Toronto .

Holton Gerard ( 1985) *Introduction to Concepts and Theories in Physical Science* ed. Princeton University Press, USA.

Knight D. Randall, ( 2004) *Five easy lessons, Strategies for successful Physics teaching*, ed. Addison Wesley. Σε ελληνική μετάφραση Παύλου Τζαμαλή, Πέντε εύκολα μαθήματα, εκδόσεις Διάυλος , 2006.

Mathews R. Michael ( 1994) , *Science Teaching, The Role of History and Philosophy of Science*, ed. Routledge, New York London.

Segré, Emilio, ( 1983). *Personaggi e scoperte della fisica classica*, σε ελληνική μετάφραση Κωνσταντίνας Μεργιά – *Ιστορία της Φυσικής, τόμος Α΄*, εκδ. Διάυλος, 1997