



ΣΧΟΛΗ ΘΕΤΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ ΚΑΙ  
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

Μεταπτυχιακή Ειδίκευση Καθηγητών Φυσικών  
Επιστημών (MSC ΚΦΕ)

Διπλωματική Εργασία

Οι Νόμοι των Αερίων στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσω  
Διερευνητικής Μάθησης

Ευαγγελία Σαμαντά

Επιβλέπουσα καθηγήτρια: Αθανασία Κολιαδήμα

Πάτρα, Μάιος 2024

Η παρούσα εργασία αποτελεί πνευματική ιδιοκτησία της φοιτήτριας (Ευαγγελίας Σαμαντά) που την εκπόνησε. Στο πλαίσιο της πολιτικής ανοικτής πρόσβασης ο συγγραφέας/δημιουργός εκχωρεί στο ΕΑΠ, μη αποκλειστική άδεια χρήσης του δικαιώματος αναπαραγωγής, προσαρμογής, δημόσιου δανεισμού, παρουσίασης στο κοινό και ψηφιακής διάχυσής τους διεθνώς, σε ηλεκτρονική μορφή και σε οποιοδήποτε μέσο, για διδακτικούς και ερευνητικούς σκοπούς, άνευ ανταλλάγματος και για όλο το χρόνο διάρκειας των δικαιωμάτων πνευματικής ιδιοκτησίας. Η ανοικτή πρόσβαση στο πλήρες κείμενο για μελέτη και ανάγνωση δεν σημαίνει καθ' οιονδήποτε τρόπο παραχώρηση δικαιωμάτων διανοητικής ιδιοκτησίας του συγγραφέα/δημιουργού ούτε επιτρέπει την αναπαραγωγή, αναδημοσίευση, αντιγραφή, αποθήκευση, πώληση, εμπορική χρήση, μετάδοση, διανομή, έκδοση, εκτέλεση, «μεταφόρτωση» (downloading), «ανάρτηση» (uploading), μετάφραση, τροποποίηση με οποιονδήποτε τρόπο, τμηματικά ή περιληπτικά της εργασίας, χωρίς τη ρητή προηγούμενη έγγραφη συναίνεση του συγγραφέα/δημιουργού. Ο συγγραφέας/δημιουργός διατηρεί το σύνολο των ηθικών και περιουσιακών του δικαιωμάτων.



## Οι Νόμοι των Αερίων στην εκπαιδευτική διαδικασία μέσω Διερευνητικής Μάθησης

Ευαγγελία Σαμαντά

Επιτροπή Επίβλεψης Διπλωματικής Εργασίας

Επιβλέπουσα Καθηγήτρια:

Αθανασία Κολιαδήμα

Αναπληρώτρια Καθηγήτρια

Πανεπιστημίου Πατρών

Τμήμα Χημείας

Συν-Επιβλέπων Καθηγητής:

Ιωάννης Καπόλος

Καθηγητής

Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου Τμήμα

Επιστήμης και Τεχνολογίας Τροφίμων

Πάτρα, Μάιος 2024

*Στο παιδί μου*

## Περίληψη

Στα μέσα του 20<sup>ου</sup> αιώνα υπήρξε «άνθηση» και σημαντική εξέλιξη στον τομέα των θεωριών της μάθησης. Πρωτοπόρος σε αυτό υπήρξε ο Joseph Schwab, ο οποίος αναγνώρισε ότι η διδασκαλία των επιστημών οφείλει να διέπεται από τη διερεύνηση, να αναπροσαρμόζεται στα δεδομένα της εποχής και τόνισε τη σημασία των εργαστηριακών εφαρμογών. Τα επόμενα χρόνια, η μέθοδος της διδασκαλίας των Θετικών Επιστημών κατέστη εξίσου σημαντική με το περιεχόμενο των Θετικών Επιστημών βασιζόμενη στους μαθητές και τις ιδέες τους.

Σήμερα, παραμερίζεται η επιφανειακή μάθηση μέσω της απομνημόνευσης, ενώ τα δεδομένα της εποχής καθιστούν επιτακτική την ανάγκη για πιο ριζοσπαστικές μεθόδους διδασκαλίας, βασισμένες σε διδακτικές προσεγγίσεις που ανταποκρίνονται σε νεότερες παιδαγωγικές αντιλήψεις. Τα σύγχρονα προγράμματα σπουδών στην εκπαίδευση των Θετικών Επιστημών υποδεικνύουν ως βασική πρόταση τη Διερευνητική Διδασκαλία και Μάθηση των Θ.Ε. (Inquiry based learning). Ειδικά τα Νέα Αναλυτικά Προγράμματα Σπουδών στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα στηρίζονται κυρίως στη Διερευνητική μάθηση μιας και αποτελεί μια διαδικασία που έχει ως επίκεντρο τον μαθητή, τον αυριανό πολίτη που οι απαιτήσεις της εποχής τον κατευθύνουν στον επιστημονικό τρόπο σκέψης για την επίλυση προβλημάτων που ενδέχεται να αντιμετωπίσει στην καθημερινή του ζωή.

Στην παρούσα εργασία, αρχικά θα πραγματοποιηθεί μια περιγραφή της μεθόδου διδασκαλίας, της Διερευνητικής μάθησης στην οποία θα παρουσιαστούν οι φάσεις της διδασκαλίας, τα εργαλεία που χρησιμοποιεί ο εκπαιδευτικός για την επίτευξη του στόχου της απόκτησης της γνώσης και θα επιχειρηθεί η σύγκριση με άλλες θεωρίες μάθησης. Στη συνέχεια, θα τονιστεί ο ρόλος του εκπαιδευτικού και τον τρόπο με τον οποίο αυτός μεταλλάσσεται στη διαδικασία πάντα σε συνάρτηση με τις ικανότητες, τις δεξιότητες και τις ιδέες των μαθητών του. Έπειτα, θα γίνει μια αναφορά στις νέες τεχνολογίες (ΤΠΕ) που δύναται να χρησιμοποιήσει ο εκπαιδευτικός ώστε να κάνει το έργο του πιο προσιτό στους μαθητές του, μέσω των εικονικών αναπαραστάσεων των προσομοιώσεων.

Στη συνέχεια της εργασίας, θα γίνει η παρουσίαση μιας πρότασης διδασκαλίας μέσω της Διερευνητικής Μάθησης με θέμα τους «Νόμους των Αερίων» . Πρόκειται για ένα πεδίο έρευνας που εμπλέκει τη Φυσική και τη Χημεία ,ενώ είναι κατάλληλο για διερεύνηση κατά τη διάρκεια της μάθησης. Εκτός από τα εκπαιδευτικά σενάρια, τα φύλλα εργασίας, τα

ερωτηματολόγια που θα χρησιμοποιηθούν, θα είναι στη διάθεση των εκπαιδευτικών και τα αποτελέσματα της διερευνητικής μάθησης στην πράξη μιας και η διαδικασία θα γίνει μέσα στο εργαστήριο Θετικών Επιστημών του σχολείου με τη βοήθεια των ΤΠΕ.

### **Λέξεις – Κλειδιά**

Θετικές Επιστήμες, Διερευνητική μάθηση, Εκπαιδευτική διαδικασία, Εκπαιδευτική προσέγγιση, Νόμοι των αερίων, Καταστατική εξίσωση, Φυσική, Χημεία.

# The Gas Laws in the educational process through Inquiry-based Learning

Evangelia Samanta

## **Abstract**

In the mid-20th century, there was a "boom" and a significant development in the field of learning theories. Joseph Schwab, a pioneer, recognized that the teaching of science must be governed by investigation, adjusted to the data of the time and emphasized the importance of laboratory applications. In the following years, the way of teaching science became as important as the content of science, relying on the students and their ideas.

Today, superficial learning through memorization is put aside while the facts of the time make imperative the need for more radical teaching methods, based on didactic approaches that respond to newer pedagogical concepts. The modern curricula in the education of Sciences. indicate the Investigative Teaching and Learning of Sciences (Inquiry-based learning) as a basic proposal. Especially the New Analytical Study Programs in the Greek educational system are mainly based on Inquiry-based learning because it is a process that focuses on the student, the citizen of tomorrow whose demands of the time direct him to the scientific way of thinking to solve the problems of everyday life.

In the present paper, first will be attempted a description of the teaching method of Inquiry-based learning, in which the phases of teaching and the tools used by the teacher to achieve the goal which is the acquisition of knowledge and a comparison between learning theories will be presented. Also, in the paper, the role of the teacher and how those changes in the process in relation to the abilities, skills and ideas of the students will be emphasized t

Following, there will be presented a teaching proposal through Inquiry-based learning on the topic of "Gas Laws". It is a field of research that involves Physics and Chemistry and is suitable for investigation during learning. In addition to the educational scenarios, worksheets, questionnaires that will be used, will be available to the teachers and the results of the exploratory learning in practice since the process will take place in school's Science Laboratory using ICT.

## **Keywords**

Sciences, Inquiry-based learning, educational process, educational approach, Gas laws, Ideal- Gas Equation of state, Physics, Chemistry.



## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	v
Abstract .....	vii
Περιεχόμενα .....	ix
Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων .....	x
Κατάλογος Πινάκων- Γραφημάτων .....	xi
Συντομογραφίες & Ακρωνύμια.....	xii
1.1 Εισαγωγή.....	1
1.1.1 Στόχοι -Προσδοκώμενα αποτελέσματα .....	1
1.1.2 Συμβολή εργασίας στο επιστημονικό πεδίο.....	2
1.1.3 Ερευνητικά ερωτήματα .....	2
1.2 Ανασκόπηση κεφαλαίων .....	3
Μέρος Α΄ .....	4
2.1 Διερευνητική μάθηση - Θεωρητικό μέρος - Βιβλιογραφική ανασκόπηση .....	4
2.1.1 Ιστορική αναδρομή .....	4
2.1.2 Θεωρητικό υπόβαθρο- Διερευνητική μάθηση .....	7
2.1.3 Τα βήματα της Διερευνητικής Διδασκαλίας .....	10
2.1.4 Το συνεχές της διερεύνησης .....	13
2.1.5 Ρόλος εκπαιδευτικού .....	15
2.1.6 Σύγκριση με άλλες θεωρίες μάθησης.....	16
3.1 Χρήση ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία .....	18
3.1.1 Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών και διερευνητική μάθηση.....	18
3.1.2 Χαρακτηριστικά των ΤΠΕ και πλεονεκτήματα στη μάθηση.....	18
3.1.3 Προσομοιώσεις .....	20
3.1.4 Λογισμικό Σ.Ε.Π. ....	20
3.1.5 Εφαρμογή PHET Colorado .....	22
Μέρος Β΄ .....	24
4.1 Πρακτικό μέρος- Νόμοι των αερίων μέσω Διερευνητικής μάθησης.....	24
4.1.1 Δείγμα έρευνας.....	24
4.1.2 Ερευνητικά εργαλεία.....	25
4.1.3 Μεθοδολογία - Δομή διδακτικού σεναρίου .....	26
1ο Φύλλο εργασίας Δομημένη Διερευνητική Διδασκαλία .....	35
2ο Φύλλο εργασίας Καθοδηγούμενη Διερευνητική Διδασκαλία.....	42
3ο Φύλλο εργασίας: Καθοδηγούμενη διερεύνηση με αυξημένους βαθμούς ελευθερίας .....	47
4.1.4 Αποτελέσματα έρευνας .....	49
5.1 Συμπεράσματα .....	53
5.1.1 Περιορισμοί.....	57
5.1.2 Πιθανές επεκτάσεις – Προσαρμογές έρευνας.....	57
Βιβλιογραφία.....	59
Χρήσιμες ιστοσελίδες .....	62
Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο αρχικού – τελικού ελέγχου (pre-test, post-test) .....	63
Παράρτημα Β: Ημερολόγιο καταγραφής εκπαιδευτικής διαδικασίας.....	67

## **Κατάλογος Εικόνων / Σχημάτων**

Εικόνα 1 Εργαστήριο θερμοδυναμικής ΣΕΠ.....	21
Εικόνα 2 Εργαστήριο θερμοδυναμικής ΣΕΠ με διάγραμμα.....	22
Εικόνα 3 Phet Colorado Εισαγωγή στα αέρια.....	23
Εικόνα 4 Ο αστροναύτης Bruce McCandless II, κατά τη διάρκεια πτήσης χωρίς πρόσδεση στο σκάφος (1984) - Image credit: NASA.....	35
Εικόνα 5 Αρχική οθόνη ΣΕΠ.....	36
Εικόνα 6 Εργαστήριο Θερμοδυναμικής.....	36
Εικόνα 7 Πως φουσκώνει η ρόδα του ποδηλάτου μου ;.....	47
Εικόνα 8 Τα μπουκάλια του κ. Σωτήρη.....	48
Εικόνα 9 Brainstorming.....	54
Σχήμα 1 Διερευνητικό Μοντέλο Διδασκαλίας των 5E .....	10
Σχήμα 2:Το συνεχές της διερεύνησης.....	14

## **Κατάλογος Πινάκων- Γραφημάτων**

Πίνακας 1 Δεξιότητες – πρακτικές από διερεύνηση .....	9
Πίνακας 2 Το συνεχές της διερεύνησης .....	14
Γράφημα 4. 1 Βαθμολογία μαθητών στο pre-test (αρχικό ερωτηματολόγιο).....	49
Γράφημα 4. 2 Βαθμολογία μαθητών στο post-test (τελικό ερωτηματολόγιο).....	49
Γράφημα 4. 3 Απαντήσεις στη χρήση των τύπων των Νόμων των Αερίων pre-test.....	50
Γράφημα 4.4 Απαντήσεις στη χρήση των τύπων των Νόμων των Αερίων post-test.....	51
Γράφημα 4.5 Απαντήσεις στην εφαρμογή των Νόμων των Αερίων pre-test .....	51
Γράφημα 4.6 Απαντήσεις στην εφαρμογή των Νόμων των Αερίων post-test.....	52
Γράφημα 4.7 Απαντήσεις που αφορούν την πειραματική διαδικασία pre-test.....	52
Γράφημα 4.8 Απαντήσεις που αφορούν την πειραματική διαδικασία post-test.....	53

## **Συντομογραφίες & Ακρωνύμια**

ΑΠΣ	Αναλυτικά Πρόγραμμα Σπουδών
ΔΕ	Διπλωματική Εργασία
ΔΕΠΠΣ	Διαθεματικό Ενιαίο Πρόγραμμα Σπουδών
ΔΜ	Διερευνητική Μάθηση
ΘΕ	Θετικές Επιστήμες
ΙΕΠ	Ινστιτούτο Εκπαιδευτικής Πολιτικής
ΜΠΕ	Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης
ΠΣ	Πρόγραμμα Σπουδών
ΣΕΠ	Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον
ΤΠΕ	Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών
IBL	Inquiry Based Learning
ICT	Information and Communications Technology
NRC	National Research Council (U.S.A.)
NGSS	Next Generation Science Standards
P	pressure , πίεση
V	volume , όγκος
T	temperature , θερμοκρασία

## **1.1 Εισαγωγή**

Οι μέθοδοι διδασκαλίας που επιλέγονται και στη συνέχεια, εφαρμόζονται από τους εκπαιδευτικούς, εξαρτώνται από ορισμένους παράγοντες οι οποίοι πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως το γνωστικό περιεχόμενο σε συνδυασμό με την ηλικία του μαθητή, το γνωστικό του επίπεδο, αλλά και τις εναλλακτικές ιδέες που έχει για κάποιες έννοιες. Καθώς οι Θετικές Επιστήμες διαρκώς εξελίσσονται, η Διδακτική των Θετικών Επιστημών, αναζητά και προτείνει κατάλληλες νέες μεθόδους που στοχεύουν στον συνδυασμό των διαφόρων μεταβλητών που διαφοροποιούν τη διαδικασία της μάθησης και καθιστούν τις Θετικές Επιστήμες προσιτές και ενδιαφέρουσες με πολλές προοπτικές στην επίλυση θεμάτων που απασχολούν καθημερινά τον μαθητή, ο οποίος αποτελεί έναν νέο άνθρωπο που χαρακτηρίζεται από περιέργεια.

Η μη τυπική εκπαίδευση και η Διερευνητική μάθηση των Φυσικών Επιστημών αποτελούν τις πιο συχνές προτάσεις των σύγχρονων προγραμμάτων σπουδών. Η Διερευνητική μάθηση έχει ως βασικό της χαρακτηριστικό την ενεργό συμμετοχή του μαθητή (Crawford, 2007) και την απόκτηση της γνώσης, καθώς ο ίδιος εμπλέκεται σε διαδικασίες ανακάλυψης και διερεύνησης των καθημερινών προβλημάτων που προκύπτουν στη ζωή του.

Από τις πιο σημαντικές θεμελιώδεις έννοιες στη ζωή των ανθρώπων που έχουν καθημερινές εφαρμογές, είναι οι Νόμοι των Αερίων, η Καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων καθώς και τα μεγέθη που υπάρχουν στις μαθηματικές εκφράσεις των ανωτέρω. Συναντώνται από τις ρόδες μέχρι το αερόστατο και από τη χύτρα μέχρι την τρόμπα ποδηλάτου. Καθημερινά φαινόμενα που ζητούν επεξήγηση και μαθηματικές εξισώσεις που ζητούν επιβεβαίωση. Γι' αυτό το λόγο, οι παραπάνω έννοιες επιλέχθηκαν ως κεντρικό θέμα της συγκεκριμένης ΔΕ.

### **1.1.1 Στόχοι -Προσδοκώμενα αποτελέσματα**

Η στρατηγική διδασκαλίας που πρέπει να ακολουθήσει ο εκπαιδευτικός είναι αυτή που πρέπει να επικεντρωθεί στους εξής στόχους:

- Κατανόηση της διδακτέας ύλης (επιστημονικές έννοιες).
- Ανάπτυξη των κατάλληλων δεξιοτήτων - ικανοτήτων για επιστημονική διερεύνηση.
- Ανάπτυξη κριτικής στάσης.
- Εκτίμηση της συμβολής των Θετικών Επιστημών στη ζωή των ανθρώπων.

Τα προσδοκώμενα αποτελέσματα που αφορούν στην εκπαιδευτική διαδικασία είναι τα εξής:

- Ενεργή συμμετοχή των μαθητών στην εκπαιδευτική διαδικασία.
- Η ανάπτυξη της κριτικής σκέψης ως εφόδιο της διερευνητικής διαδικασίας .
- Απόκτηση γνώσεων των μαθητών σχετικά με τα στάδια της διερευνητικής μάθησης.
- Σύνδεση καθημερινών διεργασιών με την επιστημονική γνώση.
- Η εξοικείωση των μαθητών με πειραματικές διαδικασίες σε πραγματικά όσο και σε εικονικά εργαστήρια.
- Χρήση μαθηματικών πράξεων και διαγραμμάτων (π.χ. διάγραμμα P-V).
- Καταμερισμός του έργου κατά την ομαδική εργασία και την ανάπτυξη πνεύματος συνεργασίας και αμοιβαίου σεβασμού (στάσεις και αξίες).
- Εμβάθυνση στη χρήση ΤΠΕ ως εργαλείο μάθησης .
- Εξοικείωση με τα λογισμικά ούτως ώστε να είναι σε θέση να διερευνήσει και να λύσει προβλήματα που θα του προκύψουν στην καθημερινή του ζωή.

### **1.1.2 Συμβολή εργασίας στο επιστημονικό πεδίο**

Στην παρούσα εργασία θα γίνει μια προσπάθεια προσέγγισης των Νόμων των Αερίων μέσω της Διερευνητικής Μάθησης προκειμένου να εξοικειωθεί ο μαθητής με διερευνητικού τύπου διαδικασίες, να καταμετρηθεί η αποτελεσματικότητα της σύγχρονης μεθόδου και να φανεί αν αυτή επιδέχεται προσαρμογές και αλλαγές, έτσι ώστε να διευκολυνθεί η εκπαιδευτική διαδικασία.

### **1.1.3 Ερευνητικά ερωτήματα**

Ενδεικτικά ερευνητικά ερωτήματα που οφείλεται να απαντηθούν με το πέρας της έρευνας, μετά την ολοκλήρωση της πρακτικής εφαρμογής από τον μαθητή εξυπηρετώντας τους γενικούς στόχους που έχουν τεθεί αρχικά είναι τα εξής:

- Με ποιον τρόπο θα μπορέσουν οι μαθητές να συνδέσουν τους Νόμους των αερίων με εφαρμογές της καθημερινότητας;

- Σε ποιο επίπεδο της διερεύνησης οι μαθητές είχαν μεγαλύτερη απόδοση; Έπαιξε ρόλο η εξοικείωσή τους με τις ΤΠΕ και τις στρατηγικές μάθησης που είχαν εφαρμοστεί πάνω τους σε προηγούμενες εφαρμογές;
- Ήταν εφικτό να γίνει ανατροφοδότηση και αναπροσαρμογή της μεθόδου (είτε από τον εκπαιδευτικό είτε από τους μαθητές) κατά τη διάρκεια της διαδικασίας;
- Σε ποιο βαθμό, η ενασχόληση με τη συγκεκριμένη διερευνητική διαδικασία θα βοηθήσει τους μαθητές να καταστούν ικανοί να επιλύσουν προβλήματα που θα εμφανιστούν στη ζωή τους;

## **1.2 Ανασκόπηση κεφαλαίων**

Στα επόμενα κεφάλαια παρουσιάζεται τόσο η θεωρητική προσέγγιση στη διερευνητική μάθηση, στη χρήση των ΤΠΕ στη μάθηση όσο και η στρατηγική της πρακτικής προσέγγισης.

Στο Μέρος Α΄, θα γίνει αρχικά μια ιστορική αναδρομή με θέμα τη διερευνητική μάθηση και θα επιχειρηθεί μια περιγραφή της διερευνητικής μεθόδου διδασκαλίας. Μέσω της βιβλιογραφικής ανασκόπησης θα γίνει ανάλυση των επιπέδων και των βημάτων για την επίτευξη του στόχου καθώς και μια αναφορά στο ρόλο του εκπαιδευτικού. Ταυτόχρονα, θα γίνει μια εκτενής αναφορά στη χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία και στην επίδρασή της πάνω σε αυτή με τα πλεονεκτήματα αλλά και τα μειονεκτήματά της.

Στο Μέρος Β΄, θα παρουσιαστεί η πρακτική εφαρμογή, η έρευνα πάνω στη Διερευνητική Μάθηση με θέμα τους Νόμους των Αερίων. Έπειτα, θα γίνει αναλυτική αναφορά στη μεθοδολογία, στο δείγμα της έρευνας και στα ερευνητικά εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν γι' αυτή. Με την ολοκλήρωση της εφαρμογής των εκπαιδευτικών σεναρίων και των πειραμάτων μέσα στο σχολικό εργαστήριο θα είναι διαθέσιμα τα αποτελέσματα της έρευνας καθώς και τα συμπεράσματά της.

## **Μέρος Α΄**

Θα πραγματοποιηθεί αρχικά μια ιστορική αναδρομή σχετικά με τη διερευνητική μάθηση, ενώ θα περιγραφεί επίσης η διερευνητική μέθοδος διδασκαλίας. Θα πραγματοποιηθεί ανάλυση των επιπέδων και των βημάτων που απαιτούνται για την επίτευξη των στόχων που θέτει ο εκπαιδευτικός για τη διδασκαλία καθώς και μια αναφορά στο ρόλο του εκπαιδευτικού. Δεν θα παραληφθεί η αναφορά στη χρήση των ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία και στην επίδρασή τους, δίνοντας έμφαση στα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά τους.

### **2.1 Διερευνητική μάθηση - Θεωρητικό μέρος - Βιβλιογραφική ανασκόπηση**

#### **2.1.1 Ιστορική αναδρομή**

Η διερευνητική μάθηση αποτελεί μια προσέγγιση στην εκπαίδευση που έχει ρίζες σε διάφορες εκπαιδευτικές θεωρίες και πρακτικές εδώ και χιλιάδες χρόνια, από τους Αρχαίους Έλληνες φιλοσόφους μέχρι και τους Ευρωπαίους. Μάλιστα στην εποχή του Διαφωτισμού, η μάθηση επικεντρώθηκε στις δεξιότητες των μαθητών καθώς και στην επίλυση των προβλημάτων σύμφωνα με το πνεύμα της διερεύνησης και της επιστημονικής ανακάλυψης (Friesen & Scott, 2013).

Στις αρχές του 20ού αιώνα, ο Dewey, ένας από τους πιο επιφανείς στοχαστές, εκπαιδευτικούς και φιλοσόφους, έπαιξε σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη της διερευνητικής μάθησης και στην αναπροσαρμογή των Αναλυτικών προγραμμάτων σπουδών. Μέχρι τότε, η παραδοσιακή διδασκαλία ήταν βασισμένη στη συσσώρευση πληροφορίας από τον δάσκαλο ενώ ο Dewey οραματιζόταν μια πιο μαθητοκεντρική προσέγγιση. Η πρότασή του για τη διερευνητική μάθηση ήταν βασισμένη στην ιδέα της εκπαιδευτικής εμπειρίας ως διαδικασίας διαρκούς αλληλεπίδρασης ανάμεσα στον μαθητή και το περιβάλλον του. Αυτό που τονίζει είναι η σημασία της εμπειρίας ως μέσου μάθησης, όπου οι μαθητές εκτίθενται σε πρακτικές και πραγματικές καταστάσεις, ενώ παράλληλα καλούνται να αντιμετωπίσουν και να επεξεργαστούν προβλήματα (Dewey, 1910).

Βάσει αυτής της προσέγγισης, ο Dewey πρότεινε ότι οι εκπαιδευτικοί πρέπει να δημιουργούν περιβάλλοντα μάθησης που ενθαρρύνουν την εξερεύνηση, την πειραματική



μάθηση αλλά και τη συνεργατική εργασία. Έτσι, οι μαθητές θα μπορούσαν να αναπτύξουν τις δικές τους ικανότητες παρατηρώντας, αναλύοντας και αλληλεπιδρώντας με το περιβάλλον τους. Ο Dewey πρότεινε επίσης τη χρήση της ερώτησης ως κεντρικού εργαλείου στη διδασκαλία, καθώς η διατύπωση ερωτημάτων ενθαρρύνει τη σκέψη, την έρευνα αλλά και την εξερεύνηση. Εξάλλου, η ιδέα που είχε για το εκπαιδευτικό περιβάλλον ήταν ότι πρέπει να προκαλεί ερωτήματα και να προσανατολίζει τον μαθητή. Η ανάλυση προβλημάτων και η συζήτηση βασισμένη σε αυτά αποτελούν σημαντικά μέρη της προσέγγισής του για τη διερευνητική μάθηση.

Συνολικά, η πρόταση του Dewey για τη διερευνητική μάθηση έχει έναν έντονο εμπειρικό χαρακτήρα, καθώς βασίζεται στην ανάπτυξη γνώσεων μέσω της πρακτικής εμπειρίας και της ανάλυσης του περιβάλλοντος (Dewey, 1910).

Στα μέσα του 20ου αιώνα, ο τρόπος της διδασκαλίας των θετικών επιστημών έγινε εξίσου σημαντικός με το περιεχόμενο των φυσικών επιστημών δίνοντας έμφαση σε μαθητές και στις ιδέες τους. Προσωπικότητες σπουδαίες όπως ο Piaget, ο Bruner, με τις θεωρίες τους έβαλαν τις βάσεις για την αναβάθμιση της διδακτικής των θετικών επιστημών.

Έτσι, η διερευνητική μάθηση βρέθηκε στο προσκήνιο. Ο Joseph Schwab είχε σημαντική επιρροή μιας και η προσέγγιση του στη διερευνητική μάθηση στη διδασκαλία των θετικών επιστημών επικεντρώνεται στην προώθηση της ενεργού συμμετοχής των μαθητών στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών μέσω της πρακτικής εργασίας και της ανακάλυψης εκ μέρους τους της γνώσης. Σύμφωνα με τον Schwab, η διερευνητική μάθηση ενθαρρύνει τους μαθητές να εξερευνήσουν, να ανακαλύψουν και να δημιουργήσουν γνώση μέσα από πρακτικές εφαρμογές και πειραματισμό. Αυτό σημαίνει ότι οι μαθητές συμμετέχουν ενεργά σε επιστημονικές δραστηριότητες όπως πειράματα, παρατηρήσεις και ανάλυση δεδομένων, προκειμένου να κατανοήσουν τις έννοιες και τις αρχές των θετικών επιστημών ενώ παράλληλα οι εκπαιδευτικοί ενθαρρύνουν τη χρήση των εργαστηρίων των θετικών επιστημών (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).

Ο Schwab περιέγραψε αναλυτικά την πρότασή του, υποδεικνύοντας τρεις διακριτές εργαστηριακές προσεγγίσεις. Αρχικά, αναφέρθηκε σε μια δομημένη διαδικασία όπου οι μαθητές διερευνούν διατυπωμένα ερωτήματα με καθοδηγούμενη μέθοδο από το σχολικό βιβλίο και καταλήγουν σε σχέσεις μεταξύ μεταβλητών που δεν έχουν νωρίτερα διδαχθεί. Στη συνέχεια, περιέγραψε μια λιγότερο καθοδηγούμενη διαδικασία, στην οποία, ενώ το

ερώτημα διατυπώνεται από το σχολικό εγχειρίδιο, η μέθοδος επιλέγεται και εφαρμόζεται από τους ίδιους τους μαθητές. Και τελικά, ανέφερε μια ανοικτή προσέγγιση όπου τόσο το ερώτημα όσο και η μέθοδος αποφασίζεται και εφαρμόζεται από τους ίδιους τους μαθητές ώστε να καταλήξουν σε σχέσεις ανάμεσα στα φυσικά μεγέθη και σε συμπεράσματα (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).

Όσον αφορά τα προγράμματα σπουδών, στη δεκαετία του 60', επικράτησαν τα ανακαλυπτικά προγράμματα, δηλαδή αυτά που στηρίζονταν στην ανακάλυψη της γνώσης από τους μαθητές λαμβάνοντας υπόψη τις προϋπάρχουσες ιδέες τους. Αργότερα στη δεκαετία του 80' εμφανίστηκαν τα προγράμματα του εποικοδομητισμού, που σ' αυτά η γνώση στηριζόταν στο πείραμα και τις ιδέες των μαθητών και λιγότερο στις μεταγνωστικές διαδικασίες. Τα ΠΣ στήριζαν τις νέες μεθόδους ωστόσο τα προγράμματα αυτά δεν είχαν τα θετικότερα αποτελέσματα μιας και δεν συμβάδιζαν με το εξεταστικό σύστημα, απαιτούσαν επιπλέον χρόνο για να εφαρμοστούν και οι εκπαιδευτικοί έπρεπε να είναι κατάλληλα επιμορφωμένοι για να είναι σε θέση να τα εφαρμόσουν (Hodson & Prophet, 1986).

Στην αρχή του 21ου αιώνα επικράτησε μια κριτική στα υπάρχοντα ΠΣ που εστίαζαν στη γνώση και όχι στην εκπαιδευτική διαδικασία (Καρυώτογλου κ.ά., 2012). Αυτό προκάλεσε μια στροφή προς τον επιστημονικό γραμματισμό (Millar, 2006), ο οποίος στηρίζεται στη διερευνητική διαδικασία της μάθησης. Σκοπός του επιστημονικού γραμματισμού είναι η ικανότητα για κατανόηση, ερμηνεία του φυσικού κόσμου για επίλυση προβλημάτων καλλιεργώντας την κριτική σκέψη του μαθητή. Όλα τα παραπάνω επιτυγχάνονται μέσω της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών, της τεχνολογίας και των μαθηματικών.

Εν τω μεταξύ, στις ΗΠΑ, το 1996, το Εθνικό Συμβούλιο Ερευνών (NRC) ασχολήθηκε με τη μεταρρύθμιση της εκπαίδευσης δίνοντας έμφαση στον ιδιαίτερο ρόλο της διερευνητικής μάθησης και στη βαθύτερη και ουσιαστικότερη κατανόηση της επιστήμης. Το 2012 λαμβάνοντας υπόψη τους τις προτάσεις του NRC σχετικά με τα προγράμματα Φυσικών Επιστημών, αναπτύχθηκαν τα Next Generation Science Standards (NGSS). Πρόκειται για πρότυπα επιστημονικής εκπαίδευσης που στοχεύουν στην ανάπτυξη των δεξιοτήτων και των ικανοτήτων που είναι σημαντικές για τους μαθητές, ώστε να μπορούν να συμμετέχουν ενεργά σε προγράμματα σπουδών στις Φυσικές Επιστήμες. Αυτή η μεταρρύθμιση βασίζεται στην αρχή της διερευνητικής μάθησης, στη σύγχρονη εποικοδομητική προσέγγιση της διδασκαλίας αλλά και επιδιώκει την ενεργή συμμετοχή των μαθητών σε διερευνητικές δραστηριότητες με απώτερο σκοπό τη μάθηση της επιστήμης (NRC, 2012).

Στην Ευρώπη, με τη δημοσίευση της έκθεσης Rocard το 2007, με τίτλο «Εκπαίδευση στις Φυσικές Επιστήμες Τώρα: Μια Ανανεωμένη Παιδαγωγική για το Μέλλον της Ευρώπης», η διερευνητική μάθηση αποτελεί πλέον προτεραιότητα για το εκπαιδευτικό της σύστημα. Έτσι, οι όροι «διερεύνηση» και «διερευνητική μάθηση» υπάρχουν σε όλα τα σύγχρονα προγράμματα σπουδών των Θετικών επιστημών σε όλες τις βαθμίδες της εκπαίδευσης εφόσον στηρίχτηκε από Ευρωπαϊκά Προγράμματα χρηματοδότησης (COSMOS, OpenScienceResources, PATHWAY) .

Στην Ελλάδα, η διδασκαλία των Θετικών Επιστημών είναι μέσα στο πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης. Το ΔΕΠΠΣ του 2013, μέσα στους γενικούς στόχους ανά κεφάλαιο αναφέρει τη διερεύνηση ως τρόπο προσέγγισης των εννοιών. Αντιθέτως, το νέο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών του 2021, που δεν έχει εφαρμοστεί μέχρι σήμερα (Άνοιξη του 2024), αναφέρει ρητά τον προσανατολισμό όλων των δραστηριοτήτων των Φυσικών Επιστημών προς τη διερευνητική μάθηση. Σύμφωνα με αυτό, το διδακτικό πλαίσιο του ΠΣ για το γνωστικό αντικείμενο των Φυσικών Επιστημών στηρίχτηκε στην επιστημονική/ εκπαιδευτική μέθοδο μέσω διερεύνησης, η οποία συνιστά την εκπαιδευτική εκδοχή της επιστημονικής μεθόδου της έρευνας των Φυσικών Επιστημών αποδίδοντας τον όρο «έρευνα της επιστήμης» στον όρο «διερεύνηση στην εκπαίδευση» .

### **2.1.2 Θεωρητικό υπόβαθρο- Διερευνητική μάθηση**

Η διερευνητική μάθηση αποτελεί μια εκπαιδευτική προσέγγιση όπου οι μαθητές υιοθετούν τεχνικές και πρακτικές που μοιάζουν με αυτές των επιστημόνων, εφαρμόζοντας την επιστημονική μέθοδο (Σταυρίδου, 2011). Η μέθοδος αυτή, αναπτύσσει και ταυτόχρονα, ενισχύει τη δημιουργικότητα των μαθητών, τις δεξιότητες τους στην επίλυση προβλημάτων και την κριτική τους σκέψη, βοηθώντας του να κατασκευάσουν τη δική τους γνώση. Έτσι, οι μαθητές μπορούν να κατανοήσουν τη διαδικασία της έρευνας και να αναγνωρίσουν τις δυσκολίες που εμπεριέχει, ενώ ταυτόχρονα αισθάνονται την ικανοποίηση όταν η έρευνα φτάνει στο τέλος της. Η διερευνητική μάθηση περιγράφεται σαν μια διαδικασία ανακάλυψης νέων αιτιακών συσχετίσεων, με τον μαθητή να διατυπώνει υποθέσεις και να τις ελέγχει μέσω πειραμάτων και παρατηρήσεων (Pedaste et al, 2012). Βασίζεται στην έρευνα ενώ δίνει κυρίαρχο ρόλο στην ενεργή συμμετοχή και στην ευθύνη του μαθητή για την ανακάλυψη νέων γνώσεων (De Jong & Joolingen, 1998).

Βάσει του NRC 2012, η διαδικασία της διερευνητικής μάθησης περιλαμβάνει:

- Εντοπισμό προβλημάτων και έπειτα διατύπωση ερωτημάτων και υποθέσεων για την επίλυσή τους, από τους μαθητές οι οποίοι εργάζονται σε ομάδες.
- Αναζήτηση πληροφοριών και έρευνα με κατάλληλες πειραματικές δραστηριότητες στο εργαστήριο ή με χρήση των τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας.
- Ανάλυση, αξιολόγηση, ερμηνεία των πειραματικών δεδομένων έτσι ώστε να είναι εφικτή η διατύπωση αρχικών συμπερασμάτων.
- Ανταλλαγή απόψεων και επιχειρημάτων μεταξύ των ομάδων των μαθητών.
- Ανατροφοδότηση και αναπρογραμματισμός δραστηριοτήτων, επανάληψη της διαδικασίας όσες φορές είναι απαραίτητο, για να οδηγηθεί η διαδικασία στην
- Ανακοίνωση των αποτελεσμάτων από τους μαθητές.

Η έρευνα κινητοποιεί τους μαθητές και τους βοηθά να κατασκευάσουν τη δική τους προσωπική γνώση μέσω αυτής της διαδικασίας. Σύμφωνα με την Σταυρίδου (2011), η διερευνητική μάθηση εφοδιάζει τους μαθητές με γνώσεις και δεξιότητες οι οποίες σχετίζονται με την επιστημονική μέθοδο και θα τους φανούν χρήσιμες ως αυριανούς ενήλικες. Ενώ οι στόχοι της εφαρμογής της μεθόδου συνοψίζονται στην παράπρω πρόταση, αναλυτικά εκτείνονται σε ένα ευρύ φάσμα μαθησιακών (γνώσεις), ψυχοκινητικών (ικανότητες-δεξιότητες), συναισθηματικών και κοινωνικών (στάσεις) στόχων. Σύμφωνα με τον Κουμαρά (2005), οι στόχοι της διερευνητικής μάθησης ορίζονται αναλυτικότερα ως εξής:

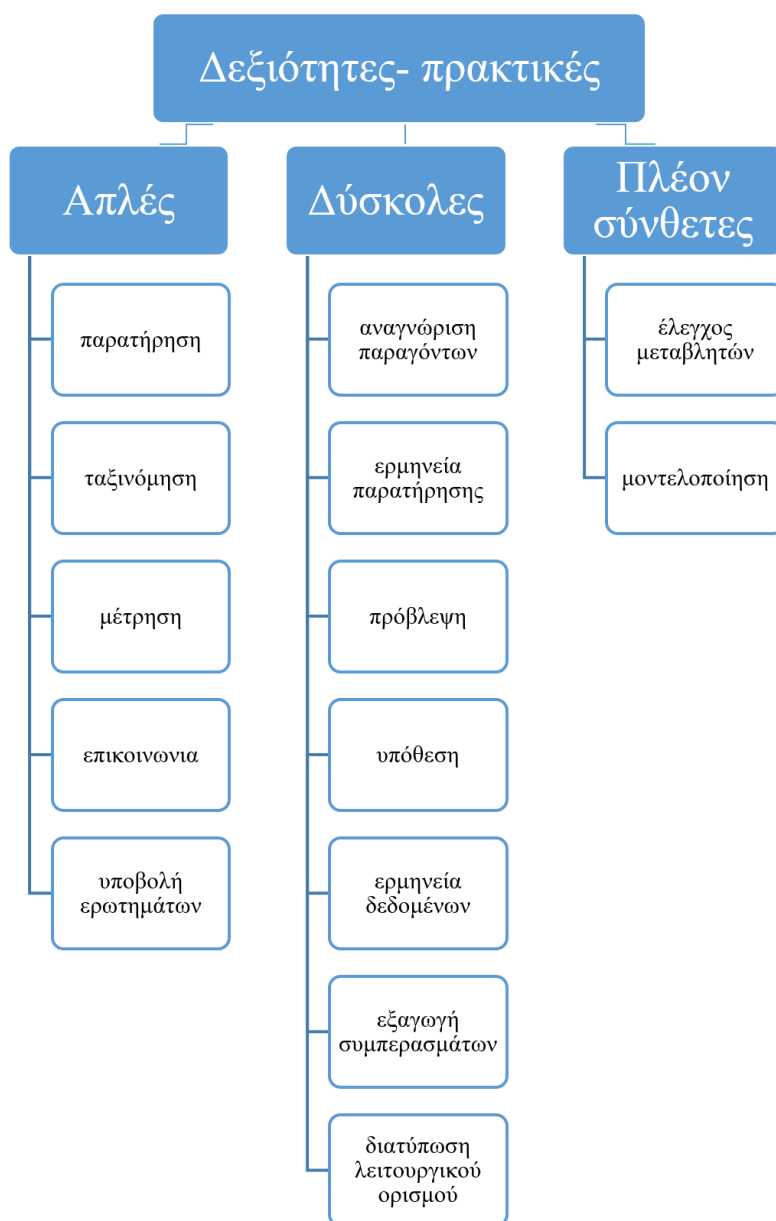
**Μαθησιακοί στόχοι:** Καλύτερη κατανόηση του εννοιολογικού περιεχομένου των Φυσικών Επιστημών και γνωστική ανάπτυξη των μαθητών. Με αυτόν τον τρόπο, επιτυγχάνεται η επιστημονική εκπαίδευση με απώτερο στόχο των επιστημονικό γραμματισμό (ικανότητα να κατανοούν, να ερμηνεύουν τον φυσικό κόσμο για επίλυση προβλημάτων καλλιεργώντας την κριτική τους σκέψη).

**Συναισθηματικοί στόχοι:** Ανάπτυξη θετικής στάσης προς τις Φυσικές Επιστήμες με την ταυτόχρονη σύνδεση των πειραμάτων των Θετικών επιστημών με την καθημερινότητα αλλά και την τεχνολογία.

**Κοινωνικοί στόχοι:** Ενίσχυση της συνεργασίας μεταξύ των μαθητών και κριτικής αποδοχής των απόψεων των άλλων καθώς η έρευνα στηρίζεται στο ομαδοσυνεργατικό μοντέλο διδασκαλίας. Η Διερευνητική μάθηση ενθαρρύνει τους μαθητές να αναπτύξουν

συνεργατικές δεξιότητες στο πλαίσιο ομαδικών δραστηριοτήτων, κατά τις οποίες συζητούν, πειραματίζονται και επεξεργάζονται τις πληροφορίες που έχουν συγκεντρώσει. Επίσης, έχει αποδειχθεί ότι η συνεργασία μεταξύ των μαθητών έχει θετική επίδραση στην απόδοσή τους στη μάθηση, σύμφωνα με έρευνες όπως αυτή των Johnson & Johnson (2002).

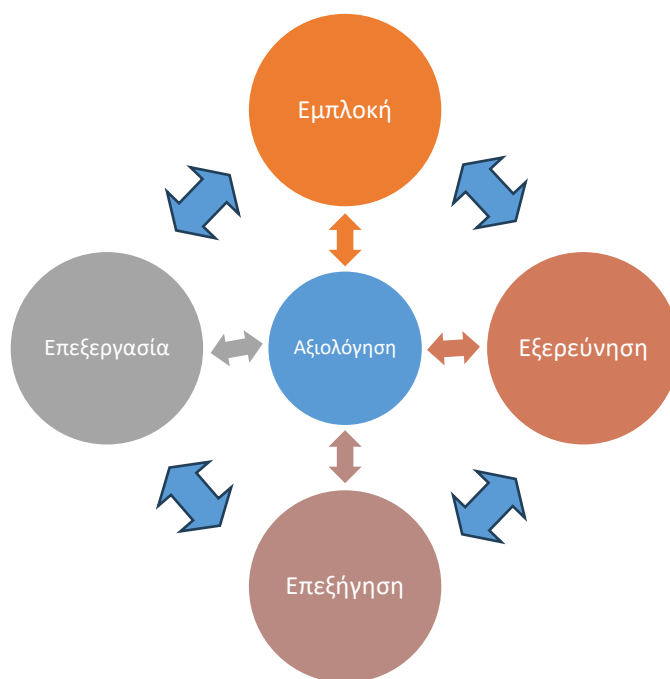
Ικανότητες: Βελτίωση και ανάπτυξη δεξιοτήτων (Πίνακας 1) που αποκτώνται μέσω της εξάσκησης των μαθητών σε πειράματα και στη χρήση των τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας.



Πίνακας 1 Δεξιότητες - πρακτικές από διερεύνηση

### 2.1.3 Τα βήματα της Διερευνητικής Διδασκαλίας

Τα βήματα της μεθόδου δεν προϋποθέτουν μια απόλυτη σειρά ή στάδια, αλλά αντιπροσωπεύουν γενικούς άξονες γύρω από τους οποίους οργανώνεται η διερευνητική διαδικασία. Αυτό επιτρέπει μια ευέλικτη εφαρμογή της μεθόδου και τη δυνατότητα προσαρμογών και τροποποιήσεων. Οι μαθητές, είτε με καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό είτε ανεξάρτητα, έχουν τη δυνατότητα να ανατρέχουν σε προηγούμενα βήματα κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).



Σχήμα 1 Διερευνητικό Μοντέλο Διδασκαλίας των 5Ε (Bybee et al., 2006 όπως αναφ. στο Σκορδούλης Στεφανίδου 2021)

Σε συμφωνία με το αμερικανικό Εθνικό Συμβούλιο Έρευνας (National Research Council - NRC) το 2000 ορίστηκαν τα 5 παρακάτω βήματα στη διερευνητική διδασκαλία που αναφέρονται ακολούθως:

*Εμπλοκή (Engage):*

Σε αυτό το στάδιο, οι μαθητές ενεργοποιούνται μέσω ενός ερευνητικού ερωτήματος που τους εξοικειώνει με το θέμα που πρόκειται να διερευνηθεί. Το ερευνητικό ερώτημα μπορεί να προέλθει από μια εικόνα, ένα βίντεο, μια είδηση της επικαιρότητας, ένα κείμενο ή μια επίσκεψη σε ένα ενδιαφέρον σημείο. Σε αυτό το στάδιο, ο εκπαιδευτικός ανιχνεύει τις ιδέες των μαθητών και τους ενθαρρύνει να διατυπώσουν τα ερωτήματά τους, προκειμένου να

αναγνωρίσουν το πρόβλημα και να εξερευνήσουν τις διάφορες πλευρές του. Αυτό το στάδιο είναι κρίσιμο στη διαδικασία, καθώς, όπως αναφέρει ο Σκορδούλης, "οι επιτυχημένες έρευνες ξεκινούν από ενδιαφέροντα ερωτήματα, τα οποία έχουν σωστά διατυπωθεί και μπορούν να απαντηθούν μέσω επιστημονικών διαδικασιών που ακολουθούν οι μαθητές".

*Διατύπωση υποθέσεων -Πειραματισμός- Εξερεύνηση (Explore Experiment):*

Στη συνέχεια, το επόμενο στάδιο μπορεί να διαιρεθεί σε δύο υποβήματα, τα οποία είναι ιδιαίτερα σημαντικά για την πρόοδο της διαδικασίας. Αρχικά, οι μαθητές καλούνται να εκθέσουν τις ιδέες τους και τις απαντήσεις τους σχετικά με το επιστημονικό ερώτημα, βασιζόμενοι σε προηγούμενες εμπειρίες τους. Οι ιδέες και οι εναλλακτικές απόψεις που προκύπτουν μετά από συζήτηση με την ομάδα μπορεί να αποτελέσουν το κλειδί για τη μετάβαση στον επόμενο βαθμό, τον πειραματισμό.

Εκεί, πραγματοποιείται ο σχεδιασμός και η διεξαγωγή εμπειρικών ελέγχων σε ομαδικό επίπεδο. Οι μαθητές καλούνται να αναπτύξουν τη δημιουργικότητά τους μέσω πειραματισμού, αφού έχουν εξασφαλίσει ότι ο σχεδιασμός τους ανταποκρίνεται στο επιστημονικό ερώτημα. Η επιλογή του πειραματικού εξοπλισμού, ο καθορισμός των κατάλληλων μεταβλητών και η συνεχόμενη τριβή στην πειραματική διαδικασία αποτελούν κρίσιμους στόχους της διερευνητικής διδασκαλίας, που συμβάλλουν στη μείωση της εξάρτησης των μαθητών από την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού. Αυτό προκύπτει από τον βαθμό εξοικείωσης των μαθητών με την πρόοδο της διαδικασίας. Κατά συνέπεια, ανάλογα με το επίπεδο ελευθερίας στη διαδικασία εξερεύνησης, οι μαθητές είτε επιλέγουν μόνοι τους το πείραμα είτε καθοδηγούνται από τον εκπαιδευτικό.

*Επεξήγηση (Explain):*

Μετά το πείραμα ακολουθεί η συγκέντρωση και η ανάλυση των πειραματικών δεδομένων. Σε αυτό το στάδιο, οι μαθητές αξιολογούν εάν τα αποτελέσματα των πειραμάτων συμφωνούν με τις αρχικές τους υποθέσεις, εάν ο εξοπλισμός ήταν κατάλληλος, εάν οι παράμετροι που έθεσαν ήταν οι κατάλληλοι και εάν η μέθοδος που ακολούθησαν ήταν σωστή. Αν τα αποτελέσματα δεν επιβεβαιώνουν τις προβλέψεις τους ή αν υπάρχει ασυμφωνία μεταξύ των αποτελεσμάτων της δικής τους ομάδας και των αποτελεσμάτων άλλων ομάδων, τότε είναι αναγκαίο να εξετάσουν τους λόγους για τους οποίους παρατηρήθηκε αυτή η ασυμφωνία. Σε αυτή την περίπτωση, καλούνται να βελτιώσουν την προσέγγισή τους και να την αναθεωρήσουν, επιστρέφοντας στην αρχική φάση της



διαδικασίας και επανασχεδιάζοντας και εκτελώντας ένα νέο αναπροσαρμοσμένο πείραμα. Εδώ γίνεται εμφανής η μη γραμμικότητα της διαδικασίας, καθώς οι μαθητές επανέρχονται στα αρχικά στάδια, επανασχεδιάζοντας ένα νέο πείραμα, μια διαδικασία που μπορεί να επαναληφθεί πολλές φορές πριν φτάσουν στο στάδιο των τελικών αποτελεσμάτων.

*Επεξεργασία και αξιολόγηση αποτελεσμάτων (Elaborate):*

Ένα κρίσιμο στάδιο στην επιστημονική έρευνα είναι η ανάλυση και η ερμηνεία των αποτελεσμάτων μετά την ολοκλήρωση των εμπειρικών ελέγχων. Οι μαθητές, με τη σύνθεση των δεδομένων τους και την επιβεβαίωση των συμπερασμάτων τους από αυτά, προσπαθούν να εξηγήσουν τα φαινόμενα και να αξιολογήσουν τη διαδικασία. Με αυτό τον τρόπο, οι μαθητές είτε επιβεβαιώνουν, είτε αναθεωρούν, είτε επαναπροσδιορίζουν τις αρχικές τους ιδέες. Παράλληλα, μέσω αυτής της πολυδιάστατης διαδικασίας, καλούνται να ερμηνεύσουν οποιεσδήποτε διαφοροποιήσεις των δεδομένων της ομάδας τους και να συζητήσουν για νέα ερωτήματα, εναλλακτικές ιδέες ή νέες υποθέσεις που οδηγούν σε μεγαλύτερη εμβάθυνση, μέσω αυτής της εξαιρετικά σημαντικής αναστοχαστικής διαδικασίας (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021). Σε αυτό το στάδιο, ο ρόλος του εκπαιδευτικού είναι να διασφαλίσει ότι τα αποτελέσματά τους είναι συμβατά με την επιστημονική γνώση. Έτσι, ο εκπαιδευτικός δρα ως διευκολυντής της διαδικασίας παρά ως διεκπεραιωτής (Pedaste et al., 2015), παρέχοντας κατευθύνσεις και υποστηρίξεις που επιτρέπουν στους μαθητές να αναπτύξουν και να εμβαθύνουν στις επιστημονικές τους διεργασίες.

*Επικοινωνία των αποτελεσμάτων (Evaluate) :*

Κατά τη διάρκεια της διερευνητικής διαδικασίας, χρησιμοποιείται το ομαδοσυνεργατικό μοντέλο, με την προσθήκη του πρωτοποριακού jigsaw μοντέλου. Στο jigsaw μοντέλο, οι ομάδες αναδιαμορφώνονται κατά διαστήματα, ενώ στοιχεία από κάθε ομάδα εμπλουτίζουν το έργο των υπολοίπων μέσω του ανακατέματος των μαθητών. Η επικοινωνία ανάμεσα στις ομάδες είναι συνεχής, ιδίως στο τελικό στάδιο όπου οι μαθητές παρουσιάζουν τα συμπεράσματά τους. Αυτή η διαδικασία παρουσίασης επιτρέπει την εποικοδομητική ανταλλαγή απόψεων και γνώσεων, ενισχύοντας τη διαδικασία μάθησης με νέες ιδέες και προοπτικές που συμβάλλουν στην επίτευξη του τελικού στόχου, αυτού της διερευνητικής μάθησης.



## **2.1.4 Το συνεχές της διερεύνησης**

Έχοντας στη φαρέτρα του πρότερες γνώσεις και τις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών του, ο εκπαιδευτικός αναζητεί την κατάλληλη μέθοδο που προσφέρει τον τρόπο προσέγγισης της γνώσης μέσα από πειράματα και ερευνητικές διεργασίες, έτσι ώστε οι μαθητές του να είναι σε θέση να κατακτήσουν την επιστημονική γνώση. Ωστόσο, η εύρεση της κατάλληλης μεθόδου συνοδεύεται από τη διαφοροποίησή της ανάλογα με τις συνθήκες. Ανάλογα με την αυτενέργεια των μαθητών και την παροχή υποστήριξης του εκπαιδευτικού (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021), η διερεύνηση διακρίνεται σε 4 επίπεδα (Πίνακας 2 και Σχήμα 2) σύμφωνα με Blanchard et al. (2010), όπως αναφ. στο Ζουπίδης (2023)

- *Επιβεβαιωτική διερεύνηση*

Κατά την εφαρμογή της ο εκπαιδευτικός θέτει το ερευνητικό ερώτημα, παρέχει σαφείς οδηγίες και χρήσιμα υλικά. Συνήθως, η συγκεκριμένη μέθοδος ακολουθεί τη δασκαλοκεντρική παράδοση του μαθήματος έτσι ώστε οι μαθητές να εμπεδώσουν τις γνώσεις που έχουν ήδη αποκτήσει.

- *Δομημένη διερεύνηση*

Ενώ η εφαρμογή της έχει πολλά κοινά με την επιβεβαιωτική διερεύνηση (δίνονται ερευνητικό ερώτημα, οδηγίες, υλικά) υπάρχει μια σημαντική διαφορά. Οι μαθητές δεν έχουν διδαχθεί το μάθημα και δεν γνωρίζουν την απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα. Οπότε καλούνται να διερευνήσουν καταλλήλως ώστε να καταλήξουν σε αυτό.

- *Καθοδηγούμενη διερεύνηση*

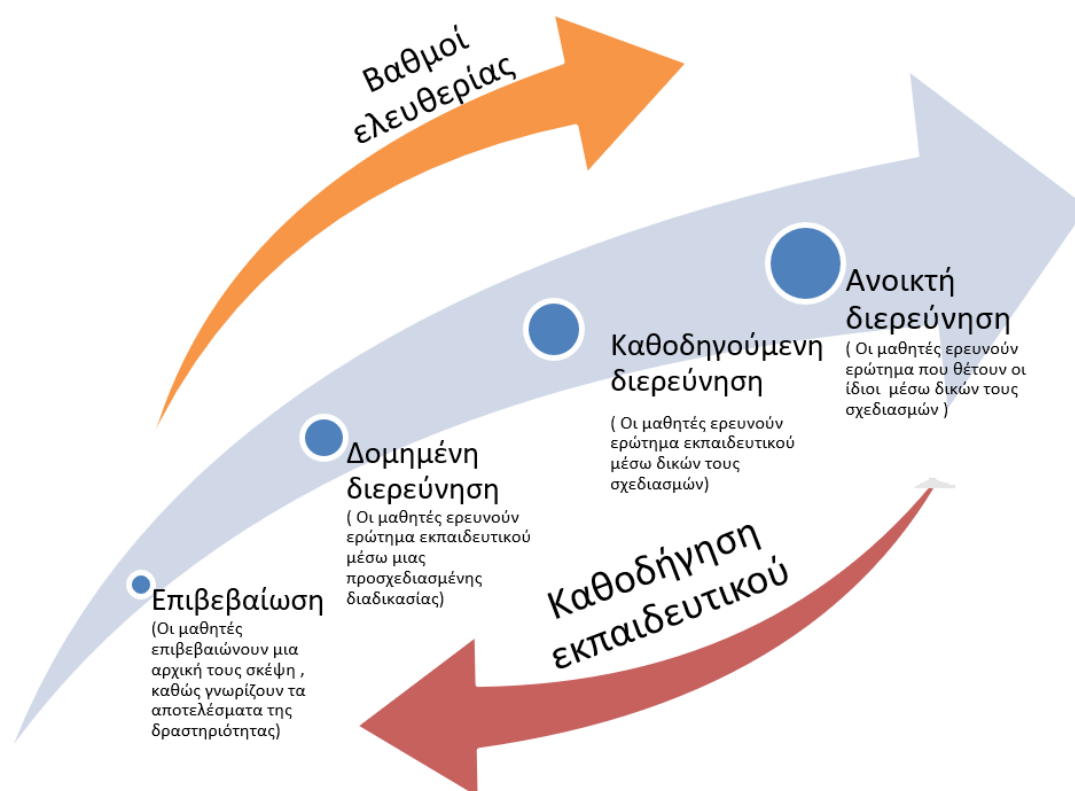
Ο εκπαιδευτικός καθοδηγεί τους μαθητές θέτοντας το ερευνητικό ερώτημα. Κατά τα άλλα σχεδιάζουν μόνοι τους τα στάδια (επιλέγουν συνθήκες και μεταβλητές) που θα ακολουθήσουν και εντοπίζουν μόνοι τους τα υλικά που θα χρησιμοποιήσουν.

- *Ανοικτή διερεύνηση*

Είναι το ιδανικό επίπεδο διερεύνησης έτσι ώστε ο εκπαιδευτικός να επιβεβαιώσει όλους τους στόχους τη διερευνητικής διδασκαλίας. Οι μαθητές θέτουν το ερευνητικό ερώτημα και με δικές τους ενέργειες προσπαθούν να απαντήσουν σε αυτό. Σχεδιάζουν μόνοι τους τα βήματά τους και αναζητούν μόνοι τους τα απαραίτητα υλικά. Όταν ο εκπαιδευτικός κρίνει ότι οι μαθητές του μπορούν να ανταποκριθούν στην ανοικτή διερεύνηση αντιλαμβάνεται πλέον ότι έχουν τα εφόδια να αντιμετωπίσουν προβλήματα της καθημερινής τους ζωής.

Επίπεδο διερεύνησης	Ερευνητικό ερώτημα	Σχεδιασμός (οδηγίες, υλικά) διαδικασίας	Απάντηση στο ερευνητικό ερώτημα
Επιβεβαιωτική διερεύνηση	Εκπαιδευτικός	Εκπαιδευτικός	Εκπαιδευτικός
Δομημένη διερεύνηση	Εκπαιδευτικός	Εκπαιδευτικός	Μαθητές
Καθοδηγούμενη διερεύνηση	Εκπαιδευτικός	Μαθητές	Μαθητές
Ανοικτή διερεύνηση	Μαθητές	Μαθητές	Μαθητές

Πίνακας 2: Το συνεχές της διερεύνησης (Blanchard et al. (2010) οπ. αναφ.στο Ζουπίδης (2023)



Σχήμα 2 Το συνεχές της διερεύνησης (Blanchard et al. (2010) οπ. αναφ.στο Ζουπίδης (2023)

Στο Σχήμα 2 διακρίνεται, ότι καθώς οι βαθμοί ελευθερίας που δίνονται στους μαθητές αυξάνονται και ενισχύεται η αυτενέργεια, η καθοδήγηση από τον εκπαιδευτικό μειώνεται. Οι ιδανικές συνθήκες θα ήταν υπό την μηδενική καθοδήγηση του εκπαιδευτικού να

ενεργούν οι μαθητές με απόλυτη ελευθερία για την απάντηση των ερευνητικών ερωτημάτων. Ωστόσο για να επιτευχθεί αυτό απαιτείται εξοικείωση των μαθητών με διερευνητικές μεθόδους διδασκαλίας (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021). Στη Διερευνητική μάθηση, για να επιτευχθεί αυτό, αρχικά ο εκπαιδευτικός παρέχει στον μαθητή εμπειρίες από την πλήρως καθοδηγούμενη διαδικασία διερεύνησης, δηλαδή την απλή μεταφορά γνώσης με πολλή υποστήριξη, στην ανοιχτή διερεύνηση με ελάχιστη ως καθόλου υποστήριξη ώστε οι μαθητές να καταλήξουν στα δικά τους συμπεράσματα (Eick et al., 2005). Έτσι, ο εκπαιδευτικός που θα επιλέξει τον τρόπο αυτό εκμάθησης γίνεται απλός συντονιστής του έργου, καθώς ο μαθητής θέτει τα ερωτήματα που τον απασχολούν και μέσω της μεθόδου καλείται να δώσει επιστημονικές απαντήσεις εξελίσσοντας τη δημιουργικότητά του, την κριτική του σκέψη και την ικανότητά του επίλυσης προβλημάτων. Συνεπώς, ο μαθητής παίζει ενεργό ρόλο στην εκπαίδευσή του, γεγονός που τον ωθεί να εμπλακεί περισσότερο με τις Θετικές Επιστήμες, με μεγαλύτερη αυτοπεποίθηση.

### **2.1.5 Ρόλος εκπαιδευτικού**

Μία από τις βασικές αρχές της διερευνητικής προσέγγισης είναι η εμπλοκή των μαθητών στη διαδικασία κατανόησης και κατασκευής της γνώσης, με τον εκπαιδευτικό να λειτουργεί ως οδηγός και φιλόσοφος της τάξης, καθοδηγώντας και ενθαρρύνοντας την εξερεύνηση και την ανακάλυψη. Συνολικά, η προσέγγιση του Schwab στη διερευνητική μάθηση επιδιώκει να ενισχύσει την ενεργή συμμετοχή και την κριτική σκέψη των μαθητών, ενθαρρύνοντας τους να γίνουν ενεργοί δημιουργοί γνώσης στον τομέα των Θετικών Επιστημών. Για αυτό το λόγο ο ρόλος του εκπαιδευτικού πρέπει να είναι ξεκάθαρος και καθοριστικός ώστε να επιτυγχάνονται οι στόχοι που έχουν αρχικά τεθεί.

Σύμφωνα με το Pathway (2012) για να εφαρμοστεί στη σχολική τάξη το μοντέλο της διερευνητικής μάθησης πρέπει ο εκπαιδευτικός να έχει τρία χαρακτηριστικά. Αρχικά, ο εκπαιδευτικός είναι απαραίτητο να γνωρίζει επαρκώς τη δομή και το περιεχόμενο των φυσικών επιστημών που θα διδάξει. Παράλληλα, πρέπει να είναι γνώστης της επιστημονικής έρευνας και τον τρόπο με τον οποίο αυτή πρέπει να πραγματοποιείται. Ωστόσο, για να εφαρμοστεί η διερευνητική μάθηση είναι προαπαιτούμενο να έχει ειδικευτεί στις τεχνικές διδασκαλίας της μεθόδου πριν τις εφαρμόσει στους μαθητές του. Η συνεχής επιμόρφωση θα ενισχύσει τις γνώσεις του στην επιστημονική διερεύνηση όπως επίσης και στις αποτελεσματικές επιστημονικές πρακτικές. Έτσι, ο εκπαιδευτικός θα αποκτήσει τη

δυνατότητα να προσαρμόσει τη διδασκαλία του έτσι ώστε να αντικατοπτρίζει τις απαιτήσεις της εκπαιδευτικής επιστημονικής έρευνας (Σκορδούλης & Στεφανίδου, 2021).

Ειδικότερα κατά τις διαδικασίες της διερεύνησης ο εκπαιδευτικός οφείλει να παίζει καθοριστικό ρόλο, αυτό του διοργανωτή, του διαμεσολαβητή, άλλοτε του καθοδηγητή και άλλοτε του εμπνευστή, αυτού που θα εμπλέξει αρχικά τους μαθητές στη διδακτική αξιοποίηση του εργαστηρίου θετικών επιστημών και στη χρήση των νέων τεχνολογιών. Επιπλέον, πρέπει να παίζει το ρόλο εκείνου που θα βάλει ως κεντρικό στόχο τον επιστημονικό εγγραμματισμό των μαθητών του, χωρίς όμως να υποβιβάζει τη σημασία της διερευνητικής διαδικασίας, αυτής που θα ενθαρρύνει τους μαθητές του να συμπεριφέρονται ως επιστήμονες (ΜΠΕ, 2011). Αυτού που θα παροτρύνει τα παιδιά να σχεδιάσουν και να επιλύσουν προβλήματα αρχικά με τη δική του καθοδήγηση (σχεδιάζοντας κατάλληλα φύλλα εργασίας, αξιοποιώντας κατάλληλα μέσα και υλικά) και έπειτα μειώνοντας τους βαθμούς ελευθερίας και τη δική του εμπλοκή, αφήνοντας τους μαθητές να ανακαλύψουν μόνοι τους τη γνώση ενισχύοντας την ενεργητική μάθηση. Αυτού που θα στηρίζει τη μάθηση περιεχομένου, θα βοηθήσει τους μαθητές του να καταγράψουν, να τεκμηριώσουν και να φτάσουν σε συμπεράσματα (Pathway, 2012) – να μάθουν να μαθαίνουν. Εκείνου που θα εμπλέξει τους μαθητές σε συνεργατικές διαδικασίες με σκοπό τη διάδραση μεταξύ τους και την ανάπτυξη της κριτικής σκέψης και της κριτικής αποδοχή των απόψεων των άλλων. Αυτού που θα διδάξει στους μαθητές του την κατάλληλη ορολογία περιεχομένου, καθώς και τη χρήση της επιστημονικής και μαθηματικής γλώσσας (Pathway, 2012). Αυτού που θα δώσει χώρο για σκέψη στους μαθητές του, ενώ θα τους δώσει τα εφόδια και θα τους παροτρύνει να περάσουν στο επόμενο στάδιο της μάθησης και τελικά στην κατάκτηση της γνώσης.

### **2.1.6 Σύγκριση με άλλες θεωρίες μάθησης**

Οι θεωρίες μάθησης αναφέρονται σε διάφορες προσεγγίσεις και ερμηνείες για τον τρόπο με τον οποίο οι άνθρωποι αποκτούν τη γνώση. Η διερευνητική προσέγγιση είναι από τις νεότερες θεωρίες η οποία έχει αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με την ανακαλυπτική και τον εποικοδομητισμό που εμφανίστηκαν στα μέσα του περασμένου αιώνα.

Η Ανακαλυπτική μέθοδος, αποτελεί μια προσέγγιση που έδωσε βάση στο πείραμα με ομαδοσυνεργατικό χαρακτήρα κατά την δεκαετία του 60'. Μέσω αυτής της μεθόδου οι

μαθητές ανακάλυπταν τη γνώση και ανέπτυσαν τις δεξιότητες τους, έχοντας ενεργό ρόλο στη διαδικασία. Ο ρόλος του εκπαιδευτικού ήταν ενισχυτικός και διευκόλυνε την διαδικασία. Ενώ η ανακαλυπτική μέθοδος έχει κοινά χαρακτηριστικά με τη διερεύνηση, παρουσιάζει και κάποιες βασικές διαφορές (Καρυώτογλου κ.ά, 2012). Βασικές διαφορές ήταν ότι ο εκπαιδευτικός δεν λάμβανε υπόψη του τις προϋπάρχουσες ιδέες των μαθητών όπως επίσης δεν γινόταν μετασχηματισμός προς τη διδασκαλία του περιεχομένου (Blumenfeld et al., 1991). Έτσι, ενώ η μέθοδος ήταν αποτελεσματική στην επίτευξη των συναισθηματικών και ψυχοκινητικών στόχων, δεν είχε καλά αποτελέσματα σε στην επίτευξη των γνωστικών.

Ο Εποικοδομητισμός έκανε την εμφάνισή του δυο δεκαετίες αργότερα. Πρόκειται για μια μέθοδο που στηρίχτηκε στο πείραμα αλλά σε αντίθεση με την ανακαλυπτική μέθοδο έδινε μεγάλη σημασία στις εναλλακτικές ιδέες των μαθητών. Αυτές τις εναλλακτικές έπρεπε να λάβει υπόψη του ο εκπαιδευτικός για να επιτευχθούν οι μαθησιακοί στόχοι (Driver et al., 1998). Έτσι η διαδικασία της μάθησης μετασχηματιζόταν ώστε να είναι κατάλληλο το περιεχόμενό της για τους μαθητές. Αυτό είχε σαν αποτέλεσμα να μην να επιτευχθούν οι γνωστικοί στόχοι αλλά οι μαθητές να δίνουν περισσότερη σημασία στη συγκέντρωση δεδομένων παρά στην ανάλυσή τους και την εξαγωγή συμπερασμάτων (Dolan & Grady, 2010). Έτσι οι μαθητές δεν ήταν σε θέση να μεταφέρουν τη γνώση που απέκτησαν και να την επεκτείνουν στην καθημερινότητά τους και την επίλυση προβλημάτων. Σε αντίθεση με τον Εποικοδομητισμό, η διερευνητική προσέγγιση δίνει σημασία τόσο στο πείραμα όσο στην εξαγωγή και την κοινοποίηση των συμπερασμάτων. Έχει βασικό στόχο να γνωρίσουν οι μαθητές τη διαδικασία επίλυσης προβλημάτων ώστε να εξοικειωθούν με την επιστήμη και την επιστημονική μέθοδο και να χρησιμοποιήσουν μετέπειτα τα εφόδια της διερευνητικής μεθόδου που απέκτησαν σαν επιστημονικά μορφωμένοι ενήλικες.

### **3.1 Χρήση ΤΠΕ στην εκπαιδευτική διαδικασία**

#### **3.1.1 Τεχνολογίες Πληροφορίας και Επικοινωνιών και διερευνητική μάθηση**

Η διδασκαλία των Θετικών Επιστημών θα ήταν αναχρονιστική αν δεν είχε θέση σε αυτή το πείραμα. Πόσο μάλλον σε μια διερευνητική διαδικασία που στηρίζεται εξ' ολοκλήρου σε δραστηριότητες διερεύνησης των φαινομένων για την επίλυση προβλημάτων της καθημερινής ζωής. Ωστόσο, μέσω των εργαστηριακών δραστηριοτήτων, η αποτελεσματικότητα της μελέτης των φαινομένων μπορεί να ενισχυθεί ή να αποδυναμωθεί, ανάλογα με τα διαθέσιμα εκπαιδευτικά εργαλεία, τις πειραματικές διαδικασίες που μπορούν να υποστηριχθούν και τα περιοριστικά στοιχεία που επιβάλλει το εκπαιδευτικό πλαίσιο. (Λεύκος, 2011). Αναφορές από έρευνες επιβεβαιώνουν την αποτελεσματικότητα της εμπειρικής προσέγγισης στη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών. Μέσω της ενεργού συμμετοχής σε πειράματα, οι μαθητές βιωματικά αναπτύσσουν δεξιότητες και ικανότητες που τους επιτρέπουν να κατανοήσουν τα φυσικά φαινόμενα και να επιλύουν προβλήματα διερευνώντας (Zacharia & Michael, 2016). Αντιθέτως, υπάρχουν και διαφορετικές απόψεις, μερικές από τις οποίες υποστηρίζουν τη χρήση προσομοιώσεων, καθώς παρέχουν οπτικοποίηση των φυσικών φαινομένων και δυνατότητα άμεσης ανάδρασης, ενώ επιτρέπουν την εύκολη πρόσβαση σε νέες πειραματικές κατασκευές (Κώτσης & Ευαγγέλου 2010).

Τα τελευταία χρόνια όπου η τεχνολογία έχει εισβάλει για τα καλά στην καθημερινότητα των μαθητών, οι εφαρμογές ΤΠΕ αποτελούν ένα πολύ χρήσιμο εργαλείο για τη διαδικασία της μάθησης. Αυτός ο σύγχρονος τρόπος προσέγγισης της γνώσης μπορεί να ξεπεράσει τις δυσκολίες και τους περιορισμούς που εμφανίζονται μέσα στο κλασικό εργαστήριο των Θετικών Επιστημών ενώ παράλληλα δίνει πολύπλευρες ευκαιρίες για τη διερεύνηση από τους μαθητές (Λεύκος, 2011).

#### **3.1.2 Χαρακτηριστικά των ΤΠΕ και πλεονεκτήματα στη μάθηση**

Τα μαθησιακό περιβάλλον των νέων τεχνολογιών είναι ικανό να παρέχει δυνατότητες πολύ πιο ενισχυμένες από αυτού του πραγματικού εργαστηριακού περιβάλλοντος. Υστερούν βέβαια στη βιωματική δράση αλλά αναπληρώνουν τη διαφορά τους δίνοντας στους μαθητές πολλές διαφοροποιημένες δυνατότητες, πιο σύγχρονες, που θα έπρεπε να παρέχουν οι σύνθετες εργαστηριακές συσκευές και διατάξεις. Οι πολλαπλές αναπαραστάσεις των

εννοιών προκαλούν εύκολα τη διάδραση με τους πειραματιστές οι οποίοι κινητοποιούνται και εμπλέκονται στη διαδικασία μάθησης επικεντρώνοντας την προσοχή τους σε θεμελιώδη ζητήματα (Λεύκος, 2011). Έτσι, εκτός από τη λήψη δεδομένων στην εξέλιξη των φαινομένων, στις εφαρμογές γίνεται η επεξεργασία των τιμών και η ταυτόχρονη αναπαράσταση των μεταβολών. Καθώς η πειραματική διαδικασία προχωρά με το ρυθμό και τις δυνατότητες του κάθε μαθητή (εξατομικευμένη διαδικασία), είναι δυνατή η επανάληψη των πειραμάτων με νέες παραμέτρους λαμβάνοντας άμεση ανατροφοδότηση έτσι ώστε να ενισχυθεί η διαδικασία της διερεύνησης. Η ελευθερία στις κινήσεις και η ανάληψη των πρωτοβουλιών ενισχύουν το πνεύμα της διερεύνησης και δίνουν κίνητρο στη μάθηση. (Çelik, Sari& Harwanto 2014).

Ειδικά, στην περίπτωση μελέτης φαινομένων όπου η πραγματοποίηση των πειραμάτων είναι δύσκολη και η βιωματική απεικόνιση δεν είναι δυνατή μέσα σε ένα σχολικό εργαστήριο γιατί πρόκειται για μόρια με πολύ μικρές διαστάσεις (όπως η περίπτωση των φύλλων εργασίας στους Νόμους των αερίων) είναι επιβεβλημένη και απαραίτητη η χρήση των ΤΠΕ και των προσομοιώσεων. Οι τελευταίες οπτικοποιούν τα φαινόμενα ώστε οι μαθητές να κατανοήσουν, να πειραματιστούν και να ερευνήσουν στον μικρόκοσμο.

Επίσης, οι ΤΠΕ είναι ένα βασικό εργαλείο που διευθετεί τις ανισότητες και προσφέρει ίσες ευκαιρίες σε μαθητές που δεν έχουν πρόσβαση σε σχολικά εργαστήρια Θετικών Επιστημών ή υπάρχει έλλειψη υλικοτεχνικής υποδομής σε αυτά. Επίσης, ο λιγοστός χρόνος στο ωρολόγιο πρόγραμμα που διατίθεται για την πειραματική διαδικασία καθιστά μονόδρομο τη χρήση των ΤΠΕ μιας και η υλοποίηση των πειραμάτων και των ερευνών πραγματοποιείται γρήγορα και άμεσα από τους μαθητές.

Αξίζει η επισήμανση ότι η χρήση των νέων τεχνολογιών στην εκπαίδευση κατά τη διάρκεια της πανδημίας αναδείχθηκε σε ιδιαίτερος σημαντική. Η μάθηση μέσω ΤΠΕ επέτρεψε τη συνέχιση της εκπαίδευσης παρά τους περιορισμούς της φυσικής παρουσίας στις σχολικές αίθουσες. Οι πλατφόρμες διαδικτυακής μάθησης, οι εφαρμογές για εκπαιδευτική χρήση, οι προσομοιώσεις, ψηφιακές βιβλιοθήκες και άλλα ψηφιακά εργαλεία έδωσαν τη δυνατότητα σε μαθητές και εκπαιδευτικούς να συνεχίσουν τη μάθηση από απόσταση. Το μεγάλο ενδιαφέρον των εκπαιδευτικών στις εφαρμογές των ΤΠΕ κατά τη διάρκεια της πανδημίας είναι ιδιαίτερα εμφανής από τη μαζική συμμετοχή τους στην ομάδα «Εξ αποστάσεως εκπαίδευση» του Facebook όπου καθημερινά έθεταν ερωτήματα, αναζητώντας το κατάλληλο υλικό για τη διδασκαλία τους.



### **3.1.3 Προσομοιώσεις**

Η χρήση των εικονικών εργαστηρίων βοήθησε στο ρόλο του δασκάλου και διατήρησε το ενδιαφέρον των μαθητών στη διδασκαλία των Θετικών Επιστημών. Οι προσομοιώσεις είναι πειραματικά μοντέλα που χρησιμοποιούν τη γλώσσα των υπολογιστών για να κάνουν την παραμετροποίηση και να εκτελέσουν εικονικά την πειραματική διαδικασία. Τα λογισμικά που χρησιμοποιούνται εξοικονομούν χρόνο και πόρους που θα απαιτούνταν για την πραγματοποίηση ενός βιωματικού πειράματος.

Ο υπολογιστής δεν μπορεί να αντικαταστήσει τον δάσκαλο και το βιωματικό πείραμα, αλλά αντιπροσωπεύει μια διαφορετική προσέγγιση με άλλη προοπτική. Με τα εργαλεία και τις τεχνικές που παρέχει μπορεί να δημιουργήσει καινοτόμους συνδέσμους μεταξύ του πραγματικού και του εικονικού κόσμου που παρουσιάζεται στην οθόνη (Λεύκος, 2011), προκειμένου να ξεπεράσει ορισμένους περιορισμούς της πραγματικής πειραματικής διαδικασίας (Barton, 1998). Έτσι παρέχονται στους μαθητές πλούσιες ευκαιρίες διερεύνησης φαινομένων σε εργαστηριακά περιβάλλοντα, ενισχύοντας την κατανόησή τους.

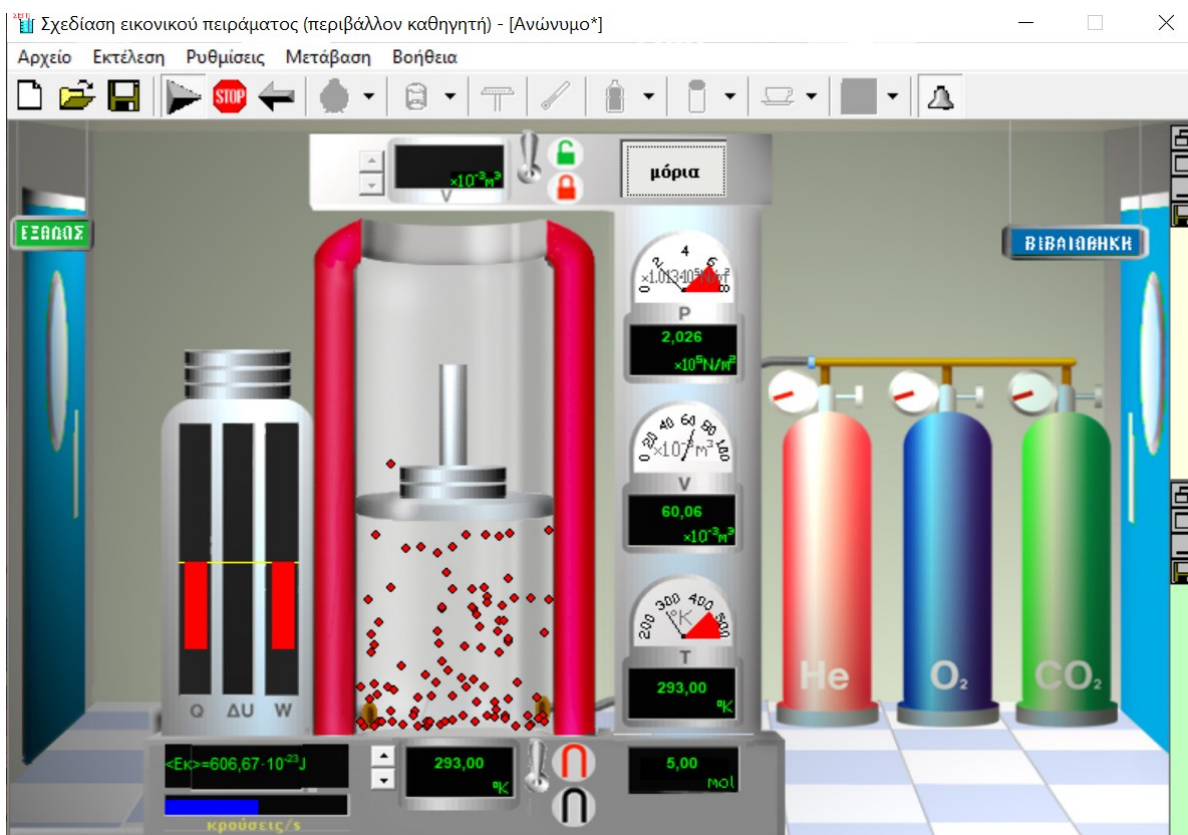
Σήμερα είναι στη διάθεση των εκπαιδευτικών διάφορες προσομοιώσεις. Οι πιο παλιές από αυτές απαιτούν εγκατάσταση του λογισμικού τους ενώ οι υπόλοιπες είναι εφαρμογές στο διαδίκτυο. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δυο προσομοιώσεις, το λογισμικό Σ.Ε.Π. και η διαδικτυακή εφαρμογή PHET. Επιλέχθηκαν από την εκπαιδευτικό σε διαφορετικά επίπεδα της διερευνητικής προσέγγισης γιατί το καθένα πληρούσε κάποιες προϋποθέσεις λαμβάνοντας υπόψη τις οδηγίες του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών. Εξάλλου οι συγκεκριμένες προσομοιώσεις προτείνονται στις ετήσιες οδηγίες του ΙΕΠ για τη διδασκαλία των Θετικών Επιστημών στο Γυμνάσιο και το Λύκειο.

### **3.1.4 Λογισμικό Σ.Ε.Π.**

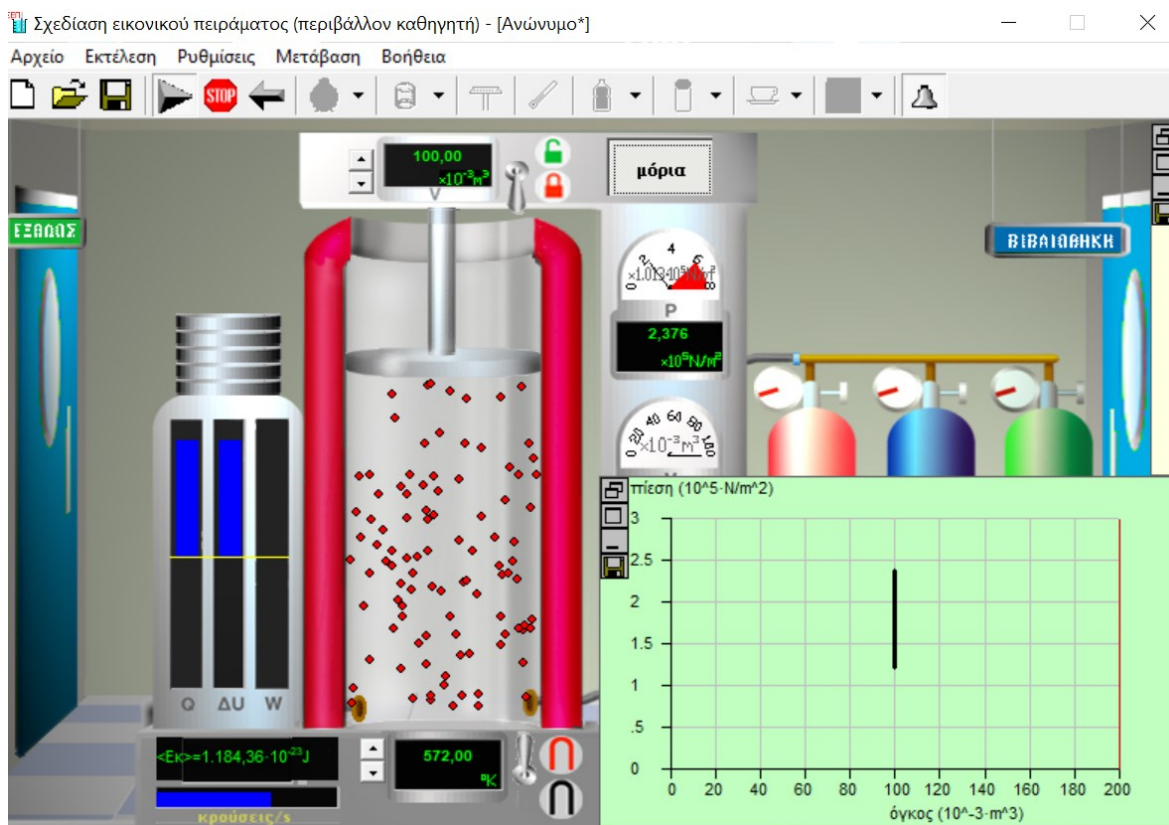
Το εκπαιδευτικό λογισμικό Σ.Ε.Π. (Σύνθετο Εργαστηριακό Περιβάλλον) είναι ένα λογισμικό ελληνικής σχεδίασης και κατασκευής. Πρόκειται για 2 εικονικά εργαστηριακά περιβάλλοντα Θερμοδυναμικής και Θερμότητας και μια ψηφιακή βιβλιοθήκη. Το πλεονέκτημά στη χρήση του είναι ο διερευνητικός του χαρακτήρας. Οι μαθητές μπορούν να εκτελέσουν δύσκολα και επικίνδυνα πειράματα (π.χ. με φωτιά) στο εικονικό εργαστήριο κατευθύνοντας οι ίδιοι το πείραμα, ορίζοντας τις παραμέτρους, κάνοντας οι ίδιοι μετρήσεις



(σε μακροσκοπικά αλλά και σε μικροσκοπικά μεγέθη) και δημιουργώντας γραφικές παραστάσεις. Η προσομοίωση του Σ.Ε.Π. αποτελεί μια προσιτή άμεση λύση στην έλλειψη υλικών και οργάνων μέτρησης για τα πειράματα της Θερμοδυναμικής στο πραγματικό εργαστήριο. Ειδικά το εργαστήριο της Θερμοδυναμικής (Εικόνα 1 και Εικόνα 2) που χρησιμοποίησε η εκπαιδευτικός στην εργασία της αποτελεί μια προσομοίωση των μορίων των αερίων που είναι αδύνατον σε πραγματικές συνθήκες να διακρίνουν οι μαθητές και να κατανοήσουν σε βάθος τα φυσικά φαινόμενα. Οι εκπαιδευτικοί μπορούν να κατεβάσουν το λογισμικό από τον σύνδεσμο <https://photodentro.edu.gr/edusoft/r/8531/307>



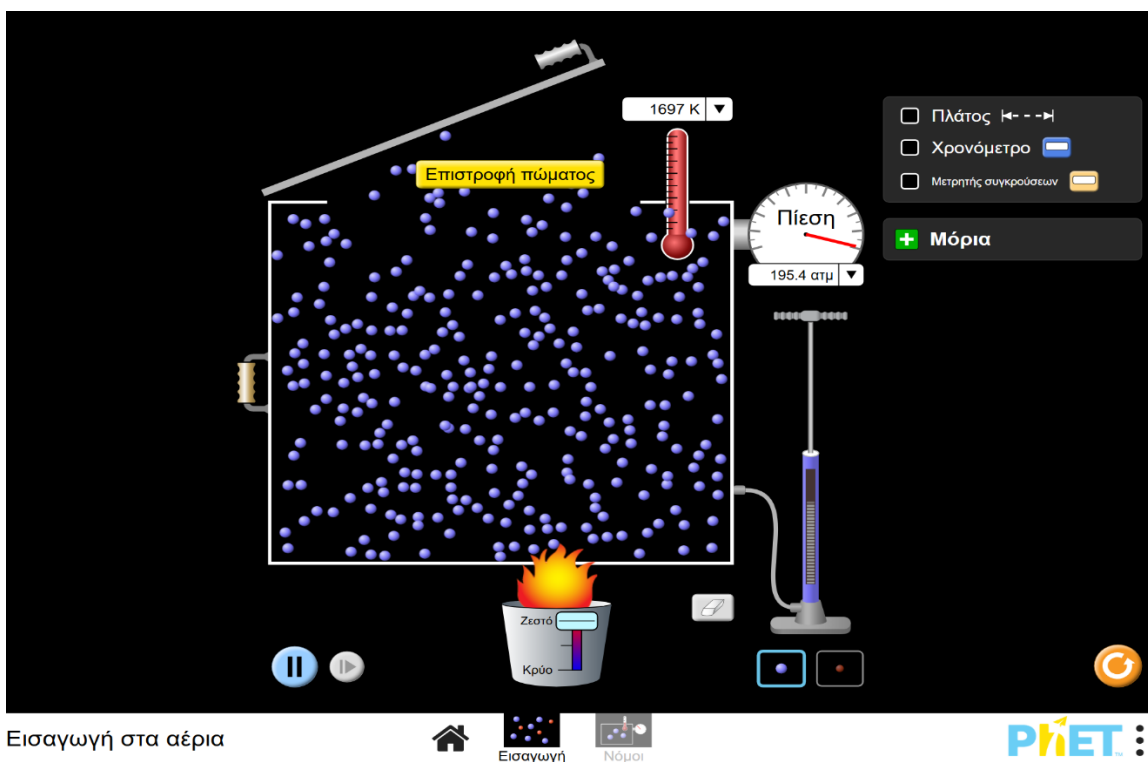
Εικόνα 1 Εργαστήριο Θερμοδυναμικής ΣΕΠ



Εικόνα 2 Εργαστήριο θερμοδυναμικής ΣΕΠ με διάγραμμα

### 3.1.5 Εφαρμογή PHET Colorado

Το Πανεπιστήμιο του Colorado παρέχει στον ιστότοπό του δωρεάν διαδραστικές προσομοιώσεις στα αγγλικά. Τα τελευταία χρόνια έχει γίνει μια προσπάθεια και συνεχίζεται η μετάφραση των δραστηριοτήτων σε πολλές γλώσσες όπως τα Ελληνικά. Οι προσομοιώσεις του είναι προϊόν έρευνας με αυστηρούς ελέγχους στις παραμέτρους που χρησιμοποιούν και αξιολογήσεις από τους χρήστες. Το μεγάλο πλεονέκτημα των προσομοιώσεών του είναι οι απεικονίσεις για την οπτική κατανόηση των εννοιών και των φαινομένων. Με απλό τρόπο, ωραία χρώματα, απλά ψηφιακά εργαλεία και σύγχρονο εικονικό περιβάλλον, ωθεί τους μαθητές να διερευνήσουν τα εικονικά πειράματα εμβαθύνοντας για την απόκτηση της επιστημονικής γνώσης (Εικόνα 3).



Εικόνα 3 Phet Colorado (Εισαγωγή στα αέρια από τον σύνδεσμο). [Εισαγωγή στα αέρια \(colorado.edu\)](https://phet.colorado.edu)

## **Μέρος Β΄**

Στο Μέρος Β΄, θα παρουσιαστεί η πρακτική εφαρμογή, η έρευνα πάνω στη Διερευνητική Μάθηση με θέμα τους Νόμους των Αερίων. Στη συνέχεια, θα γίνει αναλυτική αναφορά στη μεθοδολογία, στο δείγμα της έρευνας και στα ερευνητικά εργαλεία που θα χρησιμοποιηθούν γι' αυτή. Με την ολοκλήρωση της εφαρμογής των εκπαιδευτικών σεναρίων και των πειραμάτων μέσα στο σχολικό εργαστήριο θα είναι διαθέσιμα τα αποτελέσματα της έρευνας καθώς και τα συμπεράσματά της.

### **4.1 Πρακτικό μέρος- Νόμοι των αερίων μέσω Διερευνητικής μάθησης**

Βασικός στόχος της έρευνας είναι να μελετήσει την αποτελεσματικότητα της Διερευνητικής μεθόδου στη διδασκαλία των Θετικών Επιστημών. Γι' αυτό τον λόγο θεωρήθηκε κατάλληλο από τον εκπαιδευτικό και επιλέχθηκε το κεφάλαιο με τους «Νόμους των αερίων» κυρίως για:

- την προέλευσή τους από αντίστοιχες πειραματικές διαδικασίες που έκαναν σπουδαίοι επιστήμονες,
- την εμπλοκή μακροσκοπικών μεγεθών που μπορούν εύκολα να μεταβληθούν και να μετρηθούν σε μια πειραματική διαδικασία,
- την ευκολία εύρεσης των κατάλληλων λογισμικών (ΤΠΕ) στο διαδίκτυο,
- τις προεκτάσεις που μπορούν να έχουν, με παραδείγματα από την καθημερινή ζωή ώστε να γίνουν εφαρμογές για την «επίλυση προβλήματος».

#### **4.1.1 Δείγμα έρευνας**

Το δείγμα της πειραματικής ομάδας αποτελείται από επτά μαθητές της Β΄ Λυκείου θετικής κατεύθυνσης (τρία κορίτσια και τέσσερα αγόρια). Το επίπεδό τους είναι από μέτριο έως καλό και ένας μαθητής είναι άριστος. Τρεις από αυτούς τους μαθητές θα ακολουθήσουν τη θετική κατεύθυνση στην Γ΄ λυκείου ενώ οι υπόλοιποι θα κάνουν μια στροφή στα οικονομικά, έτσι το ενδιαφέρον τους για τη φυσική κατεύθυνσης είναι μειωμένο σε αντίθεση με τους τρεις της θετικής κατεύθυνσης που δείχνουν ιδιαίτερο ζήλο.

Το μάθημα γίνεται κάποιες φορές δασκαλοκεντρικά, επειδή η ύλη και το ωρολόγιο πρόγραμμα δεν επιτρέπουν ευελιξία στη χρήση άλλων μεθόδων διδασκαλίας ενώ κάποιες

φορές, το μάθημα γίνεται με πειράματα επίδειξης από τον εκπαιδευτικό εξαιτίας της έλλειψης υλικοτεχνικής υποδομής. Όταν οι συνθήκες το επιτρέπουν, οι μαθητές χρησιμοποιούν το εργαστήριο πληροφορικής και κάνουν το μάθημα με πειράματα ΤΠΕ.

Το σχολείο, όπου γίνεται η έρευνα, είναι Γυμνάσιο με λυκειακές τάξεις, οπότε η εκπαιδευτικός γνωρίζει αυτούς τους μαθητές από την Α' γυμνασίου. Έτσι οι δυνατότητες, οι γνώσεις, ο βέλτιστος τρόπος εκμάθησης και το επίπεδο των μαθητών της είναι γνωστά. Αυτό την βοηθάει ώστε κάθε φορά να αναπροσαρμόζει τη διδασκαλία της ανάλογα με τις ιδιαιτερότητες των μαθητών της και τις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν στην κατάκτηση της γνώσης.

Οι μαθητές έχουν χρησιμοποιήσει κατά καιρούς φύλλα εργασίας και είναι εξοικειωμένοι με τα φύλλα εργασίας της εκπαιδευτικού σε όλο το Γυμνάσιο και μέχρι τώρα στο Λύκειο. Ειδικά στο Γυμνάσιο όπου η ύλη δεν πιέζει χρονικά και οι εξετάσεις είναι ενδοσχολικές ενδείκνυται η συχνή χρήση φύλλων εργασίας και άλλων τρόπων διδασκαλίας. Στο Λύκειο εφόσον το εξεταστικό Ελληνικό σύστημα είναι απόλυτα ανταγωνιστικό, το δασκαλοκεντρικό σύστημα είναι σχεδόν μονόδρομος, ωστόσο οι εν λόγω μαθητές είναι γνώστες της εποικοδομητικής και της ανακαλυπτικής μεθόδου από την πρότερη χρήση τους. Το επόμενο στάδιο μάθησης για αυτούς είναι η διερευνητική μάθηση όπου η εκπαιδευτικός μειώνει κάθε τόσο τους βαθμούς ελευθερίας κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας.

#### **4.1.2 Ερευνητικά εργαλεία**

Ο όρος «μέθοδοι και εργαλεία» περιλαμβάνει τις προσεγγίσεις που χρησιμοποιούνται στην έρευνα οι οποίες βοηθούν στη συλλογή δεδομένων οι οποίες αξιοποιούνται ως βάση συμπερασμάτων, ερμηνειών, εξηγήσεων και προβλέψεων (Cohen & Manion, 1997). Έτσι στη συγκεκριμένη διαδικασία, επιλέχθηκαν από την εκπαιδευτικό, ερευνητικά εργαλεία που ανταποκρίνονται στις συνθήκες του πλαισίου της εκπαιδευτικής διαδικασίας και διαμορφώθηκαν έτσι ώστε να εξυπηρετήσουν τους στόχους της κατάστασης που διερευνάται. Τα εργαλεία αυτά είναι:

- Ημερολόγιο καταγραφής εκπαιδευτικής διαδικασίας. Το ημερολόγιο αποτελεί μια γραπτή απεικόνιση των γεγονότων, ένα πρακτικό καταγραφής παρατηρήσεων και

μπορεί να χρησιμοποιηθεί στον προγραμματισμό, στην οργάνωση καθώς και να βοηθήσει στον αναστοχασμό ανάμεσα στα στάδια της διαδικασίας.

- Ερωτηματολόγια pre-test και ερωτηματολόγια post-test. Το ερωτηματολόγιο αποτελεί ένα μέσο συλλογής δεδομένων. Εφόσον, μπορεί να συμπληρωθεί ανώνυμα, διευκολύνει τους μαθητές ώστε να είναι ειλικρινείς στις απαντήσεις τους για το πριν και το μετά της διαδικασίας. Η αξιοποίηση του pre-test έχει να κάνει με τις πρότερες γνώσεις, με τις εναλλακτικές ιδέες όπως και με τις προσδοκίες των μαθητών μέσα από την εκπαιδευτική διαδικασία που θα ακολουθηθεί. Αντίθετα το post-test αποτελεί μια μορφή αξιολόγησης του έργου του εκπαιδευτικού προκειμένου να διαπιστώσει αν η διαδικασία που σχεδιάστηκε και υλοποιήθηκε ήταν επιτυχής ή αν επιδέχεται αλλαγές και τροποποιήσεις.

#### **4.1.3 Μεθοδολογία - Δομή διδακτικού σεναρίου**

##### **1. ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΔΙΔΑΚΤΙΚΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ**

«Νόμοι των Αερίων»

**-Βαθμίδα -Τάξη:** Β΄ Λυκείου – Προσανατολισμός θετικής Κατεύθυνσης

**-Εμπλεκόμενες γνωστικές περιοχές :** Φυσική

**-Γνωστικό αντικείμενο- Θεματικό πεδίο:** Κινητική θεωρία των αερίων

**-Θεματική ενότητα :** Νόμοι των αερίων

**-Προσδοκώμενα μαθησιακά αποτελέσματα που αφορούν στους Νόμους των αερίων και αναφέρονται στα ΑΠΣ είναι τα εξής:**

- Κατανόηση και εκ βαθέων μελέτη των Νόμων των Αερίων ώστε να μπορεί να περιγράψει την ποιοτική σχέση των καταστατικών μεγεθών που χρησιμοποιούνται στους νόμους των αερίων.
- Διατύπωση των Νόμων των Αερίων και η αντιστοίχισή τους με την ισόθερμη, την ισόχωρη και την ισοβαρή μεταβολή.
- Εφαρμογή των πειραματικών Νόμων σε ανάλυση απλών πειραματικών διαδικασιών και σε απλούς υπολογισμούς.
- Συνδυασμός των Νόμων του Boyle, Charles, Gay -Lussac και Avocadro για τη διεξαγωγή της καταστατικής εξίσωσης των ιδανικών αερίων.
- Εφαρμογή της Καταστατικής εξίσωσης σε απλές μεταβολές.



- Σχέση με άλλες θεματικές ενότητες ή/και θεματικά πεδία του γνωστικού αντικείμενου ή/και άλλα γνωστικά αντικείμενα.

Σύνδεση με :

- το πεδίο της Χημείας, μεταβολές που συμβαίνουν σε ποσότητες αερίων και που συνοψίζονται στην Καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων,
- τη μεθοδολογία εικονικών πειραμάτων, δηλαδή τη διαχείριση και τον ορισμό των παραμέτρων σε εικονικά πειραματικά συστήματα και τη λήψη αποτελεσμάτων,
- τα πεδία των Μαθηματικών και της Πληροφορικής από τα οποία θα χρησιμοποιηθούν γνώσεις για υπολογισμούς που αφορούν τη δημιουργία σχημάτων με σκοπό την εξαγωγή συμπερασμάτων.

#### **-Ειδικότεροι στόχοι**

Οι μαθητές θα πρέπει να :

- ερμηνεύουν ποιοτικά και ποσοτικά την πίεση και τη θερμοκρασία με βάση τη μηχανική του ιδανικού αερίου.
- περιγράφουν με λόγια και με τύπους τους Νόμους των αερίων και να τους χρησιμοποιούν σε φυσικά προβλήματα,
- επιβεβαιώνουν το νόμο των ιδανικών αερίων χρησιμοποιώντας πειραματικά δεδομένα

**-Χρονική διάρκεια:** 4 διδακτικές ώρες

## **2. ΣΚΕΠΤΙΚΟ ΣΕΝΑΡΙΟΥ- ΕΝΑΛΛΑΚΤΙΚΕΣ ΙΔΕΕΣ**

Το σενάριο έχει δημιουργηθεί με στόχο την επίτευξη των προσδοκώμενων αποτελεσμάτων που περιγράφει το ΑΠΣ. Ταυτόχρονα επιδιώκει τη βέλτιστη χρήση της διερευνητικής μεθόδου ως εργαλείο στη μάθηση των Θετικών Επιστημών και την εξάσκηση των μαθητών στην «επίλυση προβλημάτων» (problem solving) για το υπόλοιπο της ζωής τους.

Οι εναλλακτικές ιδέες των μαθητών αποτελούν βασικό στοιχείο της μαθησιακής διαδικασίας, καθώς η καταγραφή τους από τους εκπαιδευτικούς, πριν από τη δημιουργία του εκπαιδευτικού σεναρίου, συντελεί στην επιλογή των κατάλληλων μεθόδων καθώς και μέσω των διδασκαλιών, ώστε μέσω αυτών να καταστεί εφικτή η εννοιολογική αλλαγή (Treagust & Duit, 2008).

Η διερεύνηση των εναλλακτικών ιδεών των μαθητών πάνω στους Νόμους των αερίων είχε ως αποτέλεσμα την καταγραφή αρκετών ιδεών. Συγκεκριμένα, ο Αντωνίου (χ.χ) αναφέρει ως εναλλακτική ιδέα των μαθητών πως τα αέρια μπορούν να συμπιεστούν μέχρι να αποκτήσουν μηδενικό όγκο. Επιπλέον, έχει καταγραφεί ως εναλλακτική ιδέα, πως η θερμοκρασία ενός σώματος σχετίζεται με το μέγεθος, τη μάζα ή τον όγκο του σώματος (Driver et al., 2000). Μάλιστα, αρκετοί μαθητές πιστεύουν ότι ένα αέριο δεν μπορεί να θερμανθεί (Driver et al., 1993). Άλλοι μαθητές, θεωρούν ότι όταν θερμαίνεται μια μάζα αέρα σε ένα κλειστό δοχείο, η μάζα μικραίνει γιατί μια ποσότητα αέρα γίνεται ελαφρότερη όταν αυτή θερμαίνεται (Driver et al., 1993). Οι ίδιοι ερευνητές κατέγραψαν την εναλλακτική ιδέα των μαθητών σχετικά με τη θέρμανση μιας μάζας αέρα σε ένα κλειστό δοχείο, ότι τότε υπάρχει περισσότερος αέρας, διότι διαστέλλεται καθώς συγχέουν τον όγκο με την ποσότητα αέρα (Driver et al., 1993).

Όσον αφορά την πίεση, οι μαθητές πιστεύουν πως όταν θερμαίνεται μια μάζα αέρα σε ένα κλειστό δοχείο, αυτή αυξάνεται καθώς παράγεται περισσότερος αέρας (Driver et al., 1993). Επιπλέον, οι μαθητές αναφέρουν ότι η πίεση του αέρα στο εσωτερικό ενός δοχείο αναρροφά ή τραβά δηλαδή εκφράζουν μια δυναμική άποψη για τον αέρα (Driver et al., 1993). Ακόμα, οι Driver et al. (1993), κατέγραψαν ως εναλλακτική ιδέα των μαθητών την εξήγηση της έννοιας της πίεσης μέσω της αναφοράς στην πυκνότητα του αερίου.

Τέλος, οι μαθητές θεωρούν ότι σε κάθε όγκο αντιστοιχεί μία συγκεκριμένη ποσότητα αέρα και πως σε ένα κλειστό δοχείο ή σε ένα ξεφούσκωτο λάστιχο δεν υφίσταται καθόλου αέρας (Driver et al., 1993)

### **3. ΠΡΟΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΕΣ ΓΝΩΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΠΙΘΥΜΗΤΕΣ ΛΕΞΙΟΤΗΤΕΣ**

Οι μαθητές έχουν ήδη διδαχθεί τους Νόμους των αερίων στη Χημεία της Α΄ λυκείου. (Οι συγκεκριμένοι μαθητές διδάχθηκαν το τελευταίο κεφάλαιο της Χημείας την προηγούμενη χρονιά βιαστικά καθώς τελείωνε η χρονιά). Ωστόσο, για τα συγκεκριμένα φύλλα εργασίας με χρήση της διερευνητικής μάθησης, δεν είναι απαραίτητες οι προαπαιτούμενες γνώσεις μιας και τα αποτελέσματα της μεθόδου είναι εμφανέστερα σε λευκό καμβά. Παρ' όλα αυτά οι μαθητές :

- αναγνωρίζουν τα σύμβολα και τα αντιστοιχούν στα φυσικά μεγέθη,
- ξέρουν την καταστατική,



- μπορούν να αναφέρουν τις μονάδες μέτρησης των μεγεθών,
- κάνουν πράξεις με ευκολία,
- διακρίνουν τα ανάλογα και τα αντιστρόφως ανάλογα μεγέθη,
- μπορούν να σχεδιάσουν μια γραφική παράσταση στο χαρτί.

#### **4. ΣΚΟΠΟΣ ΣΕΝΑΡΙΟΥ- ΠΡΟΣΔΟΚΩΜΕΝΑ ΜΑΘΗΣΙΑΚΑ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ**

Οι μαθητές θα πρέπει να:

- επαληθεύουν πειραματικά τους Νόμους των αερίων,
- πειραματίζονται σε εικονικά περιβάλλοντα διερευνώντας τις μεταβλητές και τα αποτελέσματα που προκύπτουν,
- αντιστοιχούν φαινόμενα της καθημερινότητας στους Νόμους των αερίων,
- αναζητούν πληροφορίες για την επίλυση προβλημάτων της καθημερινής ζωής,
- παρουσιάζουν τα συμπεράσματά τους,
- συνεργάζονται.

#### **5. ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΔΙΔΑΣΚΑΛΙΑΣ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΟΥΜΕΝΗ ΥΛΙΚΟΤΕΧΝΙΚΗ ΥΠΟΔΟΜΗ**

Η εκπαιδευτική διαδικασία υλοποιείται στο εργαστήριο πληροφορικής. Οι μαθητές σε ομάδες των 2-3 ατόμων αναλαμβάνουν διαφορετικούς ρόλους ανά δραστηριότητα (υλοποίηση του πειράματος, καταγραφή αποτελεσμάτων και συμπλήρωση του φύλλου εργασίας, παρουσίαση των αποτελεσμάτων). Σε κάθε δραστηριότητα οι ρόλοι εναλλάσσονται.

Για τις δραστηριότητες είναι απαραίτητος ο ηλεκτρονικός υπολογιστής με εγκατεστημένο το λογισμικό ΣΕΠ (<http://photodentro.edu.gr/aggregator/lo/photodentro-aggregatedcontent-8531-307>), το διαδικτυακό εικονικό εργαστήριο PHET [https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=el](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=el), γρήγορη σύνδεση στο διαδίκτυο και σύγχρονο Microsoft Office (Microsoft Excel).

## 6. ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ

Η διδακτική προσέγγιση θα γίνει μέσω τη διερευνητικής μάθησης, η οποία θα πραγματοποιηθεί ομαδοσυνεργατικά στο εικονικό εργαστήριο.

Τα στάδια της διερευνητικής διαδικασίας που θα ακολουθήσει το σενάριο είναι:

- το έναυσμα ενδιαφέροντος
- η διατύπωση υποθέσεων από τους μαθητές
- η εμπλοκή με πειράματα
- η εξαγωγή και διατύπωση συμπερασμάτων
- η διεπιστημονική και διαθεματική εφαρμογή της νέας γνώσης
- η ανάπτυξη μεταγνωστικών δεξιοτήτων.

## 7. ΑΝΑΛΥΤΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΟΡΕΙΑΣ

Το παρόν σενάριο αποτελείται από τρία φύλλα εργασίας που μπορούν να πραγματοποιηθούν σε 4 διδακτικές ώρες.

1<sup>η</sup> διδακτική ώρα : 1<sup>ο</sup> φύλλο εργασίας « Δομημένη Διερευνητική Διδασκαλία»

Ο ρόλος τους εκπαιδευτικού είναι καθοδηγητικός καθώς με το φύλλο εργασίας που έχει ετοιμάσει καθοδηγεί πλήρως, δίνοντας όλες τις λεπτομέρειες για τη διαδικασία που θα ακολουθηθεί.

Μέρος Α΄: Ισόθερμη Μεταβολή

Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>: Έναυσμα ενδιαφέροντος. Ζητάμε από τους μαθητές να αναρωτηθούν για την χρησιμότητα των διαστημικών στολών , βλέποντας εικόνες που είναι συνοδευόμενες από δημοσιογραφικό κείμενο. Επίσης τους ζητάμε να εμπλέξουν γνωστά φυσικά τους μεγέθη με την είσοδο και την έξοδο των αστροναυτών στην ατμόσφαιρα.

Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>: Πειραματισμός. Λίγο πριν την έναρξη του πειραματισμού, οι μαθητές ενημερώνονται και «παίζουν» με το λογισμικό Σ.Ε.Π. έτσι ώστε να γνωρίσουν τις δυνατότητές του (αέρια, ποσότητα μορίων. χειρολαβές, όργανα μέτρησης , βαράκια, γραφικές παραστάσεις). Ξεκινούν το πείραμα σύμφωνα με τις οδηγίες που αναγράφονται στο φύλλο εργασίας, διατηρώντας τη θερμοκρασία σταθερή, καταγράφοντας τα

αποτελέσματα και τους υπολογισμούς τους σε πίνακα. Έπειτα σχεδιάζουν ποιοτικά τα διαγράμματα της μεταβολής.

Δραστηριότητα 3<sup>η</sup>: Επεξήγηση. Στη δραστηριότητα αυτή τους ζητείτε να συνοψίσουν τα συμπεράσματά τους, δίνοντας τον ορισμό της ισόθερμης που προέκυψε από το πείραμα.

Δραστηριότητα 4<sup>η</sup>: Επεξεργασία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Στο σημείο αυτό γίνεται η σύνδεση με τις στολές των αστροναυτών και δίνουμε κίνητρο στους μαθητές να αναζητήσουν και άλλα καθημερινά φαινόμενα που περιλαμβάνουν την ισόθερμη, αναφέροντας ότι ο νόμος της αποδίδεται στον Boyle.

2<sup>η</sup> διδακτική ώρα: Συνέχεια του 1<sup>ου</sup> φύλλου εργασίας « Δομημένη Διερευνητική Διδασκαλία»

Μέρος Β': Ισόχωρη μεταβολή.

Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>: Έναυσμα ενδιαφέροντος. Οι μαθητές παρακολουθούν ένα εντυπωσιακό βίντεο που αποτελεί σε μεγάλη κλίμακα ένα πείραμα ισόχωρης. Στη συνέχεια τους ζητάμε να εμπλέξουν γνωστά φυσικά τους μεγέθη που πιθανόν να εμπλέκονται με το συγκεκριμένο πείραμα.

Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>: Πειραματισμός. Ξεκινούν το πείραμα στο περιβάλλον του Σ.Ε.Π. σύμφωνα με τις οδηγίες που αναγράφονται στο φύλλο εργασίας, διατηρώντας τον όγκο σταθερό (σταθεροποιώντας την κατάλληλη χειρολαβή), καταγράφοντας τα αποτελέσματα και τους υπολογισμούς τους σε πίνακα. Έπειτα σχεδιάζουν ποιοτικά τα διαγράμματα της μεταβολής.

Δραστηριότητα 3<sup>η</sup>: Επεξήγηση. Στη δραστηριότητα αυτή τους ζητείτε να συνοψίσουν τα συμπεράσματά τους, δίνοντας τον ορισμό της ισόχωρης που προέκυψε από το πείραμα.

Δραστηριότητα 4<sup>η</sup>: Επεξεργασία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Ζητάμε από τους μαθητές να εντοπίσουν και άλλες εφαρμογές της ισόχωρης μεταβολής στην καθημερινή ζωή. Στο σημείο αυτό γίνεται η επισήμανση για την διαφορετική απόδοση του Νόμου της ισόχωρης μεταβολής από τους Φυσικούς (στον Charles) και από τους Χημικούς (στον Gay-Lussac), έτσι ώστε να αποτραπεί σύγχυση στους μαθητές καθώς θα μελετούν το ίδιο φαινόμενο με διαφορετικά ονόματα από διάφορα βιβλία φυσικής ή χημείας. Έπειτα οι μαθητές μπορούν να ασχοληθούν με το ίδιο φαινόμενο στο περιβάλλον PHET, όπου δίνει

μια παραπάνω δυνατότητα. Το δοχείο που χρησιμοποιείται στο εικονικό πείραμα φτάνει στα όριά του και εκτονώνεται αφήνοντας μόρια να διαφύγουν από το εσωτερικό του.

3η διδακτική ώρα: 2<sup>ο</sup> φύλλο εργασίας «Καθοδηγούμενη Διερευνητική Διδασκαλία»

Στο 2<sup>ο</sup> φύλλο εργασίας ο εκπαιδευτικός έχει ρόλο βοηθητικό, δίνοντας επεξηγήσεις. Προσανατολίζει τους μαθητές με το έναυσμα ενδιαφέροντος και προτείνει το λογισμικό. Ωστόσο, στη φάση της Καθοδηγούμενης διερεύνησης ο εκπαιδευτικός δίνει τη δυνατότητα στους μαθητές να καταστρώσουν μόνοι τους το πείραμα (επιλέγοντας τις συνθήκες και τα φυσικά μεγέθη που είτε θα κρατήσουν σταθερά είτε θα μεταβάλλουν).

Μέρος Α΄

Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>: Έναυσμα ενδιαφέροντος. Οι μαθητές παρακολουθούν βίντεο στο οποίο εμπλέκεται το υγρό άζωτο. Τους ζητάμε να υποθέσουν ποια γνωστά φυσικά τους μεγέθη εμπλέκονται με το συγκεκριμένο πείραμα. Λαμβάνοντας υπόψιν τα φυσικά μεγέθη που εμπλέκονται, οι μαθητές προβληματίζονται για τις επόμενες κινήσεις τους στον πειραματισμό.

Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>: Πειραματισμός. Το λογισμικό και το περιβάλλον που θα χρησιμοποιηθεί είναι το ίδιο με το 1<sup>ο</sup> φύλλο εργασίας, οπότε τους είναι γνωστό. Πραγματοποιούν το πείραμα καταγράφοντας τα αποτελέσματα και τους υπολογισμούς τους σε πίνακα. Στη συνέχεια, σχεδιάζουν ποιοτικά τα διαγράμματα της μεταβολής.

Δραστηριότητα 3<sup>η</sup>: Επεξήγηση. Στη δραστηριότητα αυτή τους ζητείτε να συνοψίσουν τα συμπεράσματά τους, δίνοντας τον ορισμό της μεταβολής που προέκυψε από το πείραμα, η οποία είναι η ισοβαρής.

Δραστηριότητα 4<sup>η</sup>: Επεξεργασία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Ζητάμε από τους μαθητές να εντοπίσουν εφαρμογές της ισόχωρης μεταβολής στην καθημερινή ζωή. Επίσης γίνεται η επισήμανση για την διαφορετική απόδοση του Νόμου της ισόχωρης μεταβολής από τους Φυσικούς (στον Gay-Lussac) και από τους Χημικούς (στον Charles) σε αντιστοιχία με την ισόχωρη μεταβολή στο προηγούμενο φύλλο εργασίας.

Σε όλες τις δραστηριότητες των φύλλων εργασίας, ζητείται από τους μαθητές η ετυμολογία των λέξεων που χρησιμοποιούμε για τις μεταβολές. Αυτό έχει ως σκοπό να τονίσει την ευστοχία της γλώσσας μας και τις δυνατότητές της να περιγράψει φαινόμενα μονολεκτικά δίνοντας την ακριβή τους σημασία.

## Μέρος Β΄

Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>: Έναυσμα ενδιαφέροντος με μια χύτρα που εκρήγνυται. Στη δραστηριότητα αυτή, ο εκπαιδευτικός επιλέγει να χρησιμοποιήσει τη χύτρα ως μέσο διδασκαλίας μιας και αποτελεί μέρος της καθημερινότητας των μαθητών. Ζητάει οδηγίες χρήσης της και προκαλεί τους μαθητές να σκεφτούν αν σε αυτή γίνονται εφαρμογές κάποιων νόμων των αερίων.

Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>: Πειραματισμός. Καταστρώνουν ένα πείραμα με τα μεγέθη που εμπλέκονται στη χύτρα στο λογισμικό PHET (το έχει προτείνει ο εκπαιδευτικός έτσι ώστε να χρησιμοποιηθεί η δυνατότητα εκτόνωσης και αποβολής μορίων όταν φτάσει το δοχείο στα όριά του). Ξεκινούν το πείραμα καταγράφοντας τα αποτελέσματα και τους υπολογισμούς τους σε πίνακα.

Δραστηριότητα 3<sup>η</sup>: Επεξήγηση της λειτουργίας της χύτρας βάσει της ισόχωρης μεταβολής.

Δραστηριότητα 4<sup>η</sup>: Επεξεργασία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων. Για να ολοκληρωθεί η μελέτη της λειτουργίας της χύτρας είναι απαραίτητη η επισήμανση από τους μαθητές των ακραίων συνθήκων πίεσης που φτάνει το κλειστό δοχείο και στην απόρριψη μέσω των βαλβίδων ασφαλείας μορίων στο εξωτερικό της. Ως προέκταση του φύλλου εργασίας θα μπορούσαν οι μαθητές να περιγράψουν το φαινόμενο σχεδιάζοντας τα κατάλληλα διαγράμματα P-V, P-T, V-T πριν και μετά την απώλεια μορίων από το εσωτερικό της.

4<sup>η</sup> διδακτική ώρα: 3<sup>ο</sup> φύλλο εργασίας «Καθοδηγούμενη διερεύνηση με αυξημένους βαθμούς ελευθερίας»

Στο συγκεκριμένο φύλλο εργασίας ανατίθενται δύο προβλήματα που εμφανίζονται ή εμφανίστηκαν στην καθημερινή ζωή και οι μαθητές πρέπει να τα συνδέσουν και να αναζητήσουν λύση στους Νόμους των αερίων.

Στο 1<sup>ο</sup> πρόβλημα, εμφανίζεται ως έναυσμα ένα ποδήλατο με ξεφούσκωτες ρόδες. Οι μαθητές πρέπει να δώσουν συμβουλές, περιγράφοντας τη διαδικασία και κάνοντας γρήγορους υπολογισμούς για το φούσκωμα της ρόδας του ποδηλάτου τους καλοκαιρινούς μήνες. Πρέπει να αναρωτηθούν για την ποσότητα του αέρα και για την πίεση στα λάστιχα έχοντας πληροφορίες για τη θερμοκρασία που επικρατεί.

Στο 2<sup>ο</sup> πρόβλημα το έναυσμα είναι μια φωτογραφία που τράβηξε ένας επιβάτης στο αεροπλάνο. Ενώ δεν είναι πρόβλημα που αντιμετωπίζουν καθημερινά οι μαθητές, είναι ένα

φαινόμενο που δεν περνάει απαρατήρητο. Βλέποντας τις φωτογραφίες θα πρέπει να είναι σε θέση να συνδέσουν τον κατάλληλο Νόμο των αερίων και με σύντομους υπολογισμούς να τον περιγράψουν. Έπειτα, θα μπορούσε να γίνει επέκταση του συγκεκριμένου φαινομένου στο πρόβλημα που παρουσιάζεται στους επιβάτες του αεροπλάνου κατά την προσγείωση και κατά την απογείωση με το βούλωμα των αυτιών τους.

## **8. ΠΙΘΑΝΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ - ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΕΣ ΣΕΝΑΡΙΟΥ**

Αν δεν είναι δυνατή η χρήση της αίθουσας των ηλεκτρονικών υπολογιστών του σχολείου, θα μπορούσε η διαδικασία να γίνει και με τη βοήθεια smart phones ή tablets μέσα στην αίθουσα διδασκαλίας. Ωστόσο, για τη λειτουργία του εικονικού εργαστηρίου Σ.Ε.Π., απαιτείται εγκατάσταση του προγράμματος. Το γεγονός αυτό καθιστά αδύνατη τη χρήση του συγκεκριμένου λογισμικού σε smart phones ή tablets. Για αυτό το λόγο προτείνεται η χρήση του περιβάλλον PHET που λειτουργεί στις φορητές συσκευές αρκεί να υπάρχει σύνδεση στο Internet. Παράλληλα, είναι απαραίτητη η αναπροσαρμογή στα φύλλα εργασίας έτσι ώστε με τις κατάλληλες παρεμβάσεις να προσαρμοστούν στο περιβάλλον του PHET .

Μέσα στα φύλλα εργασίας ζητείται η ποιοτική κατασκευή των διαγραμμάτων P-V, V-T, P-T μιας και το λογισμικό τα κατασκευάζει παράλληλα με το πείραμα. Αν ο χρόνος μετά τα πειράματα περισσεύει ή σαν εργασία για το σπίτι, προτείνεται η κατασκευή διαγραμμάτων στο Microsoft Excel (προστιθέμενη γνώση) στους προσωπικούς τους υπολογιστές.

### 1ο Φύλλο εργασίας Δομημένη Διερευνητική Διδασκαλία

Όνομα:..... Ημερομηνία:.....

Μέρος Α': Ισόθερμη μεταβολή

#### Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>: Έναυσμα

1.1 Διαβάστε το παρακάτω κείμενο :

...«Στην πραγματικότητα, οι αστροναύτες χρειάζονται πολλά ρούχα! Έχουν μια ειδική στολή που χρησιμοποιείται κατά την εκτόξευση και την επανείσοδο. Τους προστατεύει από τις αλλαγές πίεσης που συμβαίνουν όταν πηγαίνουν από και προς το διάστημα. Αυτή η στολή διαθέτει κράνος, γάντια και μπότες»...



Εικόνα 4 Ο αστροναύτης Bruce McCandless II, κατά τη διάρκεια πτήσης χωρίς πρόσδεση στο σκάφος (1984) - Image credit: NASA

1.2 Είναι σημαντικό να φοράνε οι αστροναύτες στολές κατά την εκτόξευση και κατά την επανείσοδό τους στην ατμόσφαιρα της Γης;

.....  
.....

1.3 Σύμφωνα με το παραπάνω κείμενο ποιο είναι το φυσικό μέγεθος που μπορεί να μεταβληθεί κατά την έξοδο και την είσοδο των αστροναυτών στην ατμόσφαιρα της Γης;

.....  
.....

1.4 Μπορείτε να σκεφτείτε τι θα συνέβαινε στους αστροναύτες αν δε φορούσαν στολές;

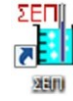
.....  
.....

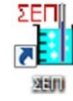
1.5 Ποιο νομίζετε ήταν το έναυσμα των επιστημόνων ώστε να φτιάξουν τέτοιες στολές;

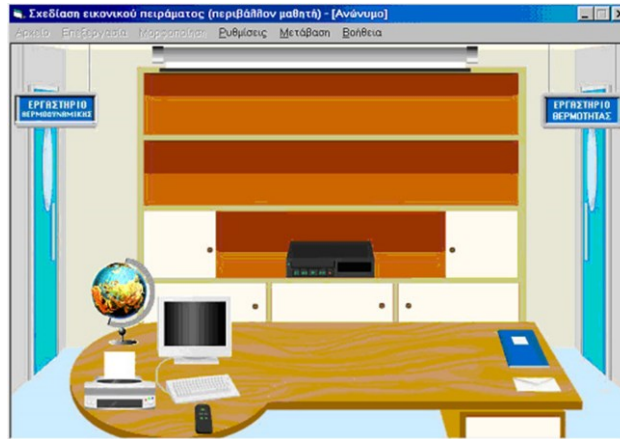
.....  
.....



## Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>: Πειραματισμός

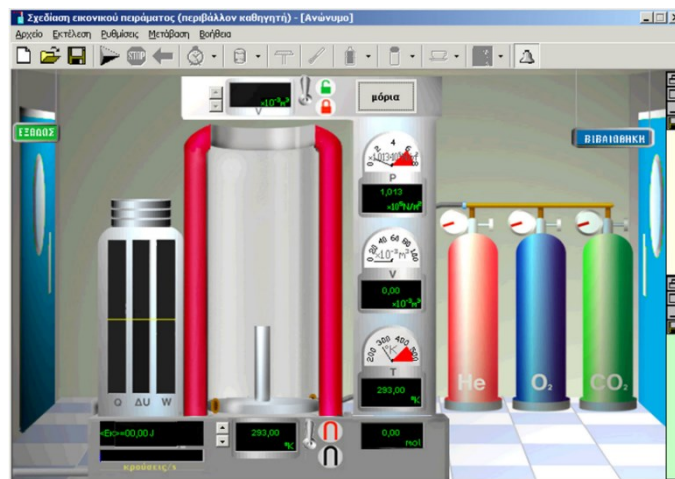


2.1 Ανοίγουμε το πρόγραμμα ΣΕΠ στον Η/Υ κάνοντας κλικ στο εικονίδιο  (Στην οθόνη που εμφανίζεται, επιλέγουμε περιβάλλον καθηγητή (κωδ123456). Στην αρχική οθόνη του προγράμματος



Εικόνα 5 Αρχική οθόνη ΣΕΠ

επιλέγουμε αριστερά το «ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗΣ»




Εικόνα 6 Εργαστήριο Θερμοδυναμικής

- Εντοπίζουμε τους μετρητές P, V, T δεξιά από το δοχείο. Οι ψηφιακές τους ενδείξεις είναι σε μονάδες του συστήματος SI.
- Ανακαλύπτουμε τις χειρολαβές. Η χειρολαβή πάνω από το δοχείο ασφαλίζει (προς τα κάτω) και κρατάει σταθερό τον όγκο του δοχείου (προς τα κάτω). Η χειρολαβή κάτω



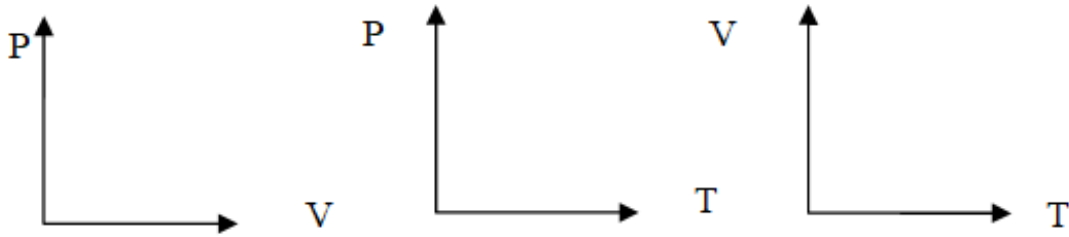
από το δοχείο θα βρίσκεται **μόνιμα προς τα πάνω** έτσι ώστε τα τοιχώματα να είναι αγωγή.

## 2.2

- Βεβαιωνόμαστε ότι και οι χειρολαβές είναι γυρισμένες προς τα πάνω.
- Στη συνέχεια εισάγουμε 5mol He στο δοχείο. Αρχικά τα μόρια δε φαίνονται πρέπει να πατήσουμε το κουμπί «μόρια» ώστε να εμφανιστούν.
- Πατήστε εκτέλεση πειράματος 
- Ξεκινάμε τη μέτρηση με το έμβολο σταθερό σε μια θέση .
- Έπειτα και τοποθετούμε ένα βαράκι με το ποντίκι πάνω στο έμβολο, περιμένουμε να σταθεροποιηθεί η κατάσταση και καταγράφουμε τις μετρήσεις.
- Προσθέτουμε διαδοχικά και το υπόλοιπα βαράκια ακολουθώντας την ίδια διαδικασία.
- Συμπληρώνουμε τον πίνακα:

Καταστάσεις	P ( $\cdot 10^5 \text{N/m}^2$ )	V ( $\cdot 10^{-3} \text{m}^3$ )	T (K)	P·V(N·m)
#1				
#2				
#3				
#4				
#5				
#6				

- Έπειτα παρατηρούμε τις γραφικές παραστάσεις που ανοίγουν δεξιά στην οθόνη. (Η κάτω γραφική παράσταση έχει άξονες **πίεσης – όγκου**. Στην πάνω γραφική παράσταση με διπλό κλικ πάνω στους άξονες επιλέγουμε **είτε πίεση είτε όγκος** για τον κατακόρυφο άξονα και **θερμοκρασία** για τον οριζόντιο άξονα.)
- Σχεδιάζουμε ποιοτικά τα διαγράμματα που προέκυψαν κατά το πείραμα συμβουλευόμενοι τα διαγράμματα από το λογισμικό.



**Δραστηριότητα 3<sup>η</sup> : Επεξήγηση**

Διαπιστώνουμε ότι η θερμοκρασία.....(μένει σταθερή ή μεταβάλλεται)

Παρατηρούμε ότι το γινόμενο P-V είναι .....(σταθερό ή μεταβαλλόμενο), άρα τα μεγέθη πίεση και ο όγκος είναι .....  
.....(ανάλογα ή αντιστρόφως ανάλογα).

**Δραστηριότητα 4<sup>η</sup> : Επεξεργασία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων .**

4.1 Μπορείτε να συνδέσετε τα συμπεράσματά σας από το συγκεκριμένο πείραμα με αυτά που προβλέψατε στη δραστηριότητα 1 και συζητήστε το στην ομάδα και στην τάξη.

.....  
.....

4.2 Ποια είναι η ετυμολογία της λέξης «ισόθερμη»;

.....  
.....

4.3 Διατυπώστε το νόμο της ισόθερμης μεταβολής των ιδανικών αερίων. Ο νόμος της ισόθερμης μεταβολής αποδίδεται στον Boyle.

.....  
.....

4.4 Μπορείτε να εντοπίσετε άλλες εφαρμογές του νόμου του Boyle στην καθημερινή ζωή; Έχετε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσετε το διαδίκτυο.

.....  
.....

Μέρος Β': Ισόχωρη μεταβολή

### Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>: Έναυσμα

1.1 Παρακολουθούμε το video : <https://www.youtube.com/watch?v=kM-k1zofs58>

(youtube search: Mythbusters 14x02 Tanker Crush Part 09 )

1.2 Μπορεί ένα αλουμινένιο τενεκεδάκι να «στραπατσarisτεί» σε κλάσματα του δευτερολέπτου;

.....


.....

1.3 Ποια φυσικά μεγέθη θεωρείτε ότι εμπλέκονται στο συγκεκριμένο πείραμα;

.....

.....

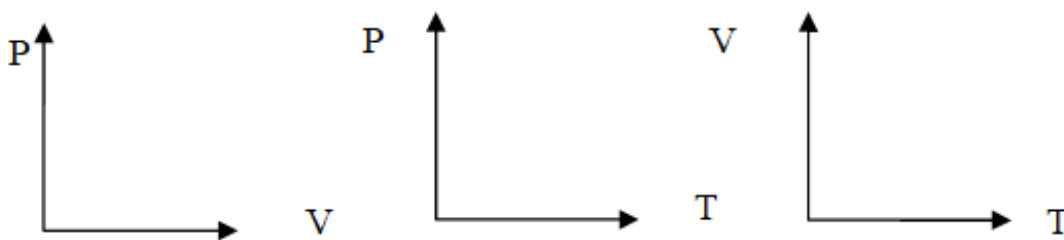
### Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>: Πειραματισμός

- Βεβαιωνόμαστε ότι και οι χειρολαβές είναι γυρισμένες προς τα πάνω.
- Στη συνέχεια εισάγουμε 5mol He στο δοχείο. Αρχικά τα μόρια δε φαίνονται πρέπει να πατήσουμε το κουμπί «μόρια» ώστε να εμφανιστούν.
- Πατήστε εκτέλεση πειράματος 
- Κάνοντας κλικ στην ένδειξη της θερμοκρασίας (κάτω από το δοχείο) αλλάζτε την σταδιακά μέχρι 700K και παρατηρήστε όπως πριν τα διαγράμματα.
- Συμπληρώνουμε τον πίνακα:

Καταστάσεις	P ( $\cdot 10^5 \text{N/m}^2$ )	V ( $\cdot 10^{-3} \text{m}^3$ )	T (K)	P/T ( $\text{N/m}^2 \text{T}$ )
#1			293	
#2			350	
#3			450	
#4			550	
#5			650	

#6			700	
----	--	--	-----	--

- Έπειτα παρατηρούμε τις γραφικές παραστάσεις που ανοίγουν δεξιά στην οθόνη. (Η κάτω γραφική παράσταση έχει άξονες **πίεσης – όγκου**. Στην πάνω γραφική παράσταση με διπλό κλικ πάνω στους άξονες επιλέγουμε **είτε πίεση είτε όγκος** για τον κατακόρυφο άξονα και **θερμοκρασία** για τον οριζόντιο άξονα.)
- Σχεδιάζουμε ποιοτικά τα διαγράμματα που προέκυψαν κατά το πείραμα συμβουλευόμενοι τα διαγράμματα από το λογισμικό.



### Δραστηριότητα 3<sup>η</sup> : Επεξήγηση

Διαπιστώνουμε ότι ο όγκος .....(μένει σταθερός ή μεταβάλλεται).  
 Παρατηρούμε ότι το πηλίκο  $P/T$  είναι .....(σταθερό ή μεταβαλλόμενο), άρα τα μεγέθη πίεση και θερμοκρασία είναι.....(ανάλογα ή αντιστρόφως ανάλογα).

### Δραστηριότητα 4<sup>η</sup>: Επεξεργασία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων .

4.1 Μπορείτε να συνδέσετε τα συμπεράσματά σας από το συγκεκριμένο πείραμα με αυτά που προβλέψατε στη δραστηριότητα 1 και συζητήστε το στην ομάδα και στην τάξη.

.....  
 .....

4.2 Ποια είναι η ετυμολογία της λέξης «ισόχωρη»;

.....  
 .....

4.3 Διατυπώστε το νόμο της ισόχωρης μεταβολής των ιδανικών αερίων .Ο νόμος της ισόχωρης μεταβολής, σύμφωνα με το σχολικό βιβλίο της Φυσικής αποδίδεται στον Charles. ενώ η επικρατέστερη άποψη που υιοθετεί το βιβλίο της Χημείας , τον αποδίδει στον Gay-Lussac.

.....  
.....

4.4 Μπορείτε να εντοπίσετε άλλες εφαρμογές του νόμου του Charles στην καθημερινή ζωή; Έχετε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσετε το διαδίκτυο.

.....  
.....

4.5 Πατάμε [εδώ](#) και παίζουμε με τον νόμο του Charles στο εικονικό περιβάλλον του PHET επιβεβαιώνοντας τον. (Επιλέγουμε «Νόμοι αερίων»)

## 2ο Φύλλο εργασίας Καθοδηγούμενη Διερευνητική Διδασκαλία

Όνομα:..... Ημερομηνία:.....

Μέρος Α΄:

### Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>: Έναυσμα

1.1 Παρακολουθούμε το video :

<https://www.youtube.com/watch?v=oEZbkXB3y1Q&t=161s>

(youtube search: Ballons in liquid nitrogen)

1.2 Το σημείο βρασμού του αζώτου είναι στους  $-196^{\circ}\text{C}$  ;Γιατί ο επιστήμονας αποφεύγει να έρχεται σε επαφή με το υγρό άζωτο;

.....  
.....

1.3 Πόσα μπαλόνια μετρήσατε , χωράνε μέσα στο υγρό άζωτο;

.....  
.....

1.4 Τι συνέβη στα μπαλόνια όταν επανήλθαν στη θερμοκρασία δωματίου;

.....  
.....

1.5 Ποια φυσικά μεγέθη θεωρείτε ότι εμπλέκονται στο συγκεκριμένο πείραμα;

.....  
.....

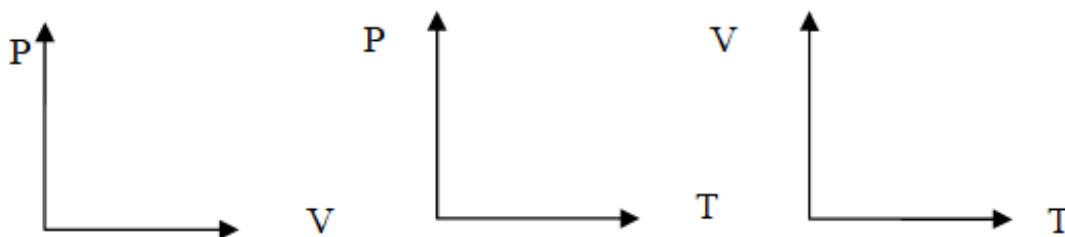
### Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>: Πειραματισμός

- Καταστρώνουμε ένα πείραμα στο ΣΕΠ ώστε να εμπλέξουμε τα μεγέθη που εντοπίσαμε στο παραπάνω βίντεο.
- Διερευνούμε το περιβάλλον και επιλέγουμε τις συνθήκες του πειράματός μας έτσι ώστε να προσομοιώσουμε την παραπάνω διαδικασία.

- Συμπληρώνουμε τον πίνακα:

Καταστάσεις	P ( $\cdot 10^5 \text{N/m}^2$ )	V ( $\cdot 10^{-3} \text{m}^3$ )	T (K)	.....(.....)
#1				
#2				
#3				
#4				
#5				
#6				

- Σχεδιάστε ποιοτικά τα διαγράμματα που προέκυψαν κατά το πείραμα συμβουλευόμενοι τα διαγράμματα από το λογισμικό.



### Δραστηριότητα 3<sup>η</sup> : Επεξήγηση

Διαπιστώνουμε ότι .....(θερμοκρασία ή πίεση ή όγκος) παραμένει .....( σταθερός/ή/ό ή ασταθής/ές). Παρατηρούμε ότι το πηλίκο ..... (V/T ή P/T) είναι ..... ( σταθερό ή μεταβλητό) , άρα τα μεγέθη .....(P ή V ή T) και ..... (P ή V ή T) είναι..... (ανάλογα ή αντιστρόφως ανάλογα).

### Δραστηριότητα 4<sup>η</sup> : Επεξεργασία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων .

4.1 Μπορείτε να συνδέσετε τα συμπεράσματά σας από το συγκεκριμένο πείραμα με αυτά που προβλέψατε στη δραστηριότητα 1 και συζητήστε το στην ομάδα και στην τάξη.

.....  
.....

4.2 Ποια είναι η ετυμολογία της λέξης «ισοβαρής»;

.....  
.....

4.3 Διατυπώστε το νόμο της ισοβαρούς μεταβολής των ιδανικών αερίων .Ο νόμος της ισοβαρούς μεταβολής, σύμφωνα με το σχολικό βιβλίο της Φυσικής αποδίδεται στον Gay-Lussac. ενώ η επικρατέστερη άποψη που υιοθετεί το βιβλίο της Χημείας , τον αποδίδει στον Charles.

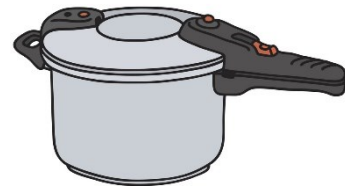
.....  
.....

4.4 Μπορείτε να εντοπίσετε άλλες εφαρμογές του νόμου του Charles στην καθημερινή ζωή; Έχετε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσετε το διαδίκτυο.

.....  
.....  
.....

Μέρος Β΄

**Δραστηριότητα 1<sup>η</sup>: Έναυσμα**



1.1 Παρακολουθούμε το video:

<https://www.youtube.com/watch?v=xZ710BRMdXc>

(youtube search: Pressure cooker explodes)

1.2 Γνωρίζετε γιατί χρησιμοποιούμε τη χύτρα ταχύτητας στη μαγειρική;

.....  
.....

1.3 Ξέρετε κάποιες οδηγίες για τη χρήση της;

.....  
.....



1.4 Μπορείτε να εξηγήσετε για ποιο λόγο δε γεμίζουμε τη χύτρα μέχρι επάνω ;



.....


.....

1.5 Σε ποιο νόμο των αερίων θεωρείτε ότι βασίζεται η χρήση της;

.....

.....

### Δραστηριότητα 2<sup>η</sup>: Πειραματισμός

- Καταstrώνουμε ένα πείραμα στο PHET ώστε να εμπλέξουμε τα μεγέθη που εμπλέκονται στη χύτρα ταχύτητας.
- Διερευνούμε το περιβάλλον και επιλέγουμε τις συνθήκες του πειράματός μας (αέρια, ποσότητα μορίων, χειρολαβές, βαράκια, γραφικές παραστάσεις).
- Δεν ξεχνάμε πριν ξεκινήσουμε να πατήσουμε εκτέλεση πειράματος .
- Συμπληρώνουμε τον πίνακα:

Καταστάσεις	P ( $\cdot 10^5 \text{N/m}^2$ )	V ( $\cdot 10^{-3} \text{m}^3$ )	T (K)	.....(.....)
#1				
#2				
#3				
#4				
#5				
#6				

Γεγονότα που σας έκαναν εντύπωση:

.....  
.....

### Δραστηριότητα 3<sup>η</sup> : Επεξήγηση

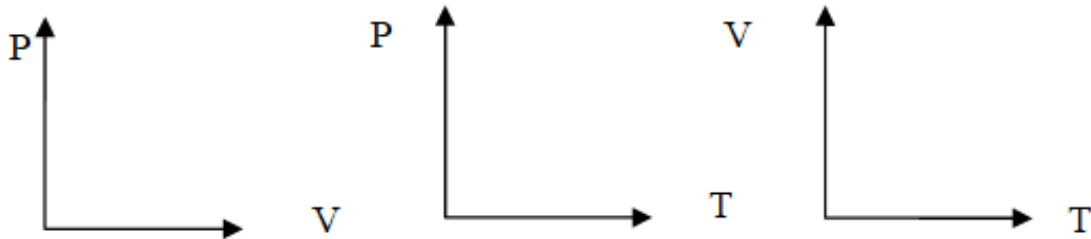
Η χύτρα είναι μια εφαρμογή του Νόμου ..... Σύμφωνα με τον Νόμο.....  
.....

### Δραστηριότητα 4<sup>η</sup> : Επεξεργασία και αξιολόγηση των αποτελεσμάτων .

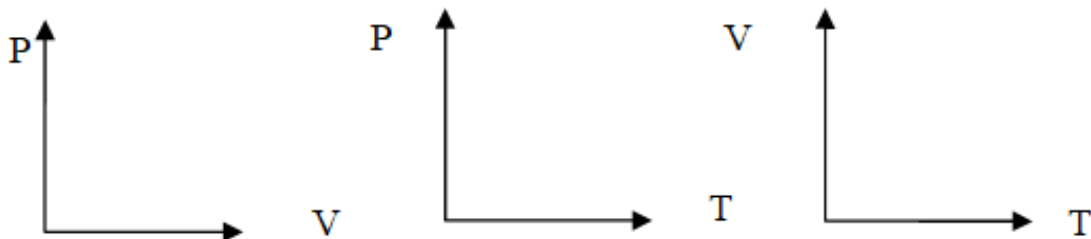
4.1 Ο λόγος που δε γεμίζουμε τη χύτρα μέχρι επάνω είναι .....  
.....  
.....

4.2 Όταν η χύτρα φτάσει σε ακραίες συνθήκες, .....  
δηλαδή.....  
τότε.....

4.3 Σχεδιάστε ποιοτικά τα διαγράμματα που προέκυψαν κατά το πείραμα με τη χύτρα;



4.4 Ποια είναι η αλλαγή που συνέβη όταν εκτονώθηκε η ακραία κατάσταση ; Μπορείτε την αποτυπώσετε στα διαγράμματα;



**3ο Φύλλο εργασίας: Καθοδηγούμενη διερεύνηση με αυξημένους βαθμούς ελευθερίας**

Όνομα:..... Ημερομηνία:.....

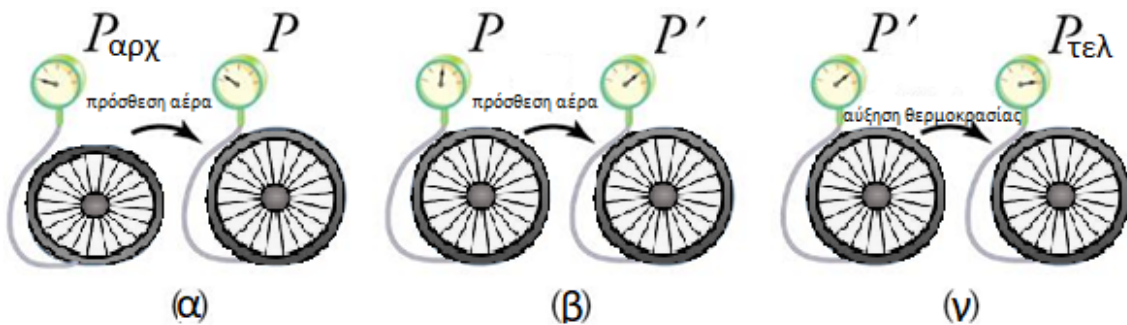
1. Αύγουστος 2024, μεσημέρι Σαββάτου 40°C . Ο Θάνος πήρε το καινούριο ποδήλατό του στο βενζινάδικο να φουσκώσει τα λάστιχα του ποδηλάτου. Ξεβίδωσε τη βαλβίδα, τοποθέτησε προσεκτικά την άκρη της τρόμπας στο σημείο. Δεν ξεκίνησε γιατί αναρωτήθηκε τι έπρεπε να κάνει ;



Πόσο πρέπει να φουσκώσω το λάστιχο;  
Τι πρέπει να δείχνει το πιεσόμετρο; Θα σκάσει το λάστιχο αν το φουσκώσω πολύ;

Ευτυχώς ήταν μαζί του ..... που είχε κάνει «Νόμους των αερίων» στη Β' λυκείου και είχε απαντήσεις σε όλα του τα ερωτήματα.

Βοήθησε και εσύ τον Θάνο με τις γνώσεις σου κάνοντας στοιχειώδεις πράξεις και χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους Νόμους των αερίων για να δώσεις απαντήσεις στο πρόβλημά του.



Εικόνα 7 Πως φουσκώνει η ρόδα του ποδηλάτου μου ;

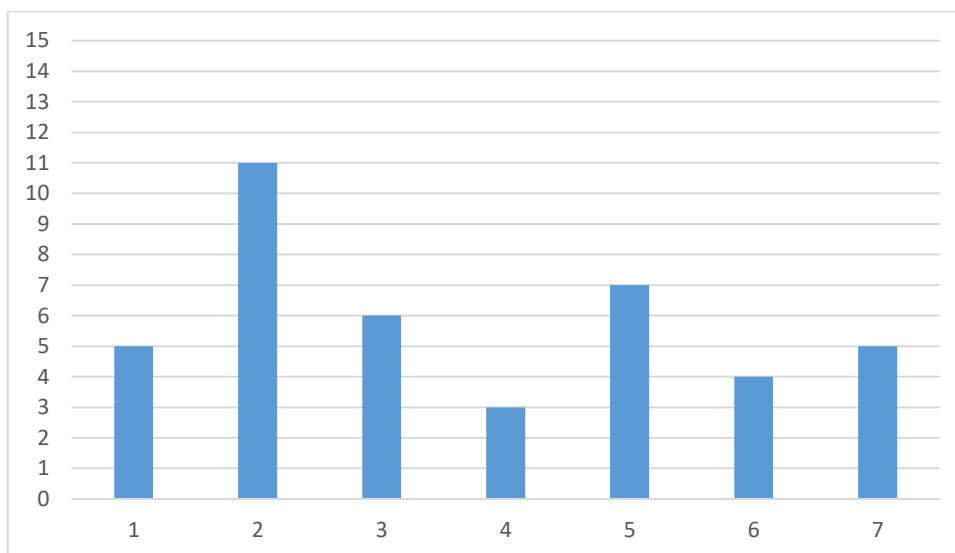
**2.** Ο κύριος Σωτήρης ταξίδεψε με το αεροπλάνο. Στο ανώτερο σημείο της πτήσης στα 30.000 πόδια άνοιξε το μπουκαλάκι του με το νερό. Ήπιε την τελευταία του γουλιά και ξαναέκλεισε το καπάκι. Όταν προσγειώθηκε το αεροπλάνο παρατήρησε ότι το μπουκαλάκι είχε αλλάξει μορφή. Μπορείς να εξηγήσεις τι συνέβη; Με τις γνώσεις σου κάνοντας στοιχειώδεις πράξεις και χρησιμοποιώντας τους κατάλληλους Νόμους των αερίων δώσε απάντηση στο πρόβλημα που τον απασχολεί.



**Εικόνα 8** Τα μπουκαλάκια του κ. Σωτήρη

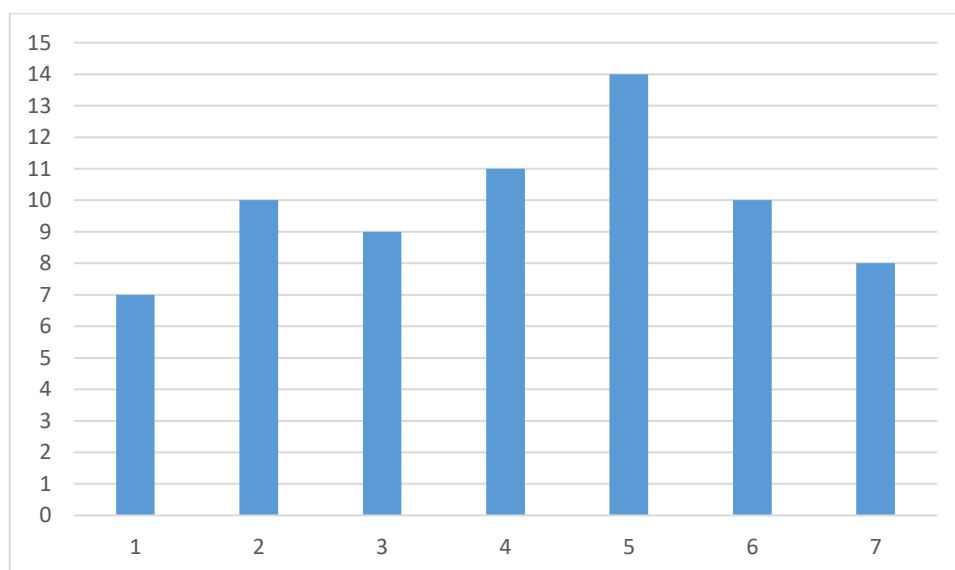
#### 4.1.4 Αποτελέσματα έρευνας

Στην ενότητα αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της έρευνας βάσει των ερωτηματολογίων πριν και μετά την εφαρμογή της διερευνητικής προσέγγισης των Νόμων των αερίων (βλ. Παράρτημα Α'). Στο 4.1 και στο 4.2 γράφημα παρουσιάζονται οι συνολικές βαθμολογίες των 7 μαθητών στα αντίστοιχα ερωτηματολόγια (pre-test , post-test).



**Γράφημα 4.1 Βαθμολογία μαθητών στο pre-test (αρχικό ερωτηματολόγιο)**

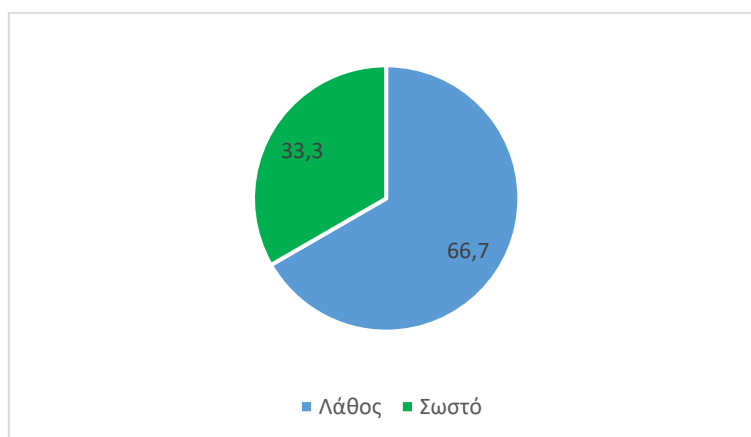
και



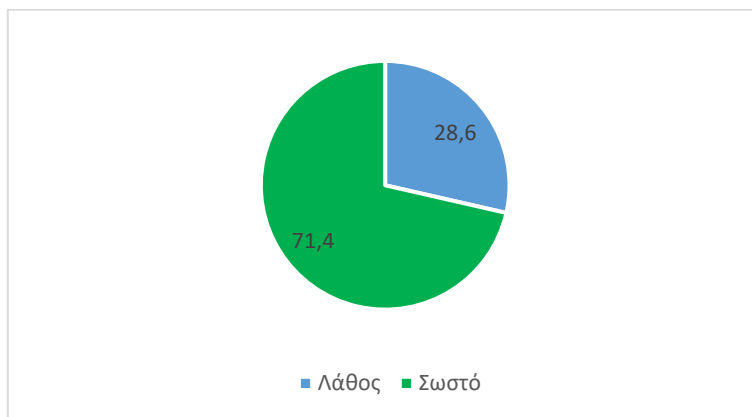
**Γράφημα 4.2 Βαθμολογία μαθητών στο post-test (τελικό ερωτηματολόγιο)**

Παρατηρώντας τα γραφήματα υπάρχει μια εμφανής αύξηση της επίδοσης των μαθητών. Στο αρχικό ερωτηματολόγιο ο μέσος όρος των βαθμολογιών είναι 5,85/15 και στο τελικό ερωτηματολόγιο ο μέσος όρος των βαθμολογιών είναι 9,85/15. Το ποσοστό αύξησης της επίδοσης αγγίζει το 68,3%. Μπορεί να μην είναι μεγάλη αύξηση ωστόσο αντιπροσωπεύει μια αλλαγή στη γνώση των Νόμων των αερίων που δεν είχαν αφομοιώσει στην περασμένη τάξη. Άξιο να επισημανθεί ότι εκτός από έναν μαθητή που είχε χειρότερη επίδοση (δεν επέδειξε ζήλο στο να βοηθήσει στην έρευνα), όλοι είχαν μεγαλύτερη βαθμολογία ασχέτως του προσανατολισμού τους. Αυτό αποδεικνύει ότι οι Θετικές επιστήμες δεν απευθύνονται μόνο σε μαθητές που έχουν κλίση προς αυτές αλλά με την κατάλληλη διδασκαλία μπορεί να γίνουν προσιτές και ενδιαφέρουσες για όλους.

Ειδικότερα στην εφαρμογή των τύπων τα αποτελέσματα ήταν αρχικά κατά 66,75% λανθασμένα, ελάχιστοι μαθητές θυμόταν τους τύπους από την Χημεία της Α΄ λυκείου. Έπειτα από την εφαρμογή της μεθόδου φάνηκε μια βελτίωση στη χρήση των τύπων με λανθασμένες μόνο το 28,6% των απαντήσεων. (Γράφημα 4.3 και Γράφημα 4.4). Μεγάλη βοήθεια στη χρήση των τύπων ήταν η άμεση συσχέτισή τους με την καταστατική εξίσωση που επισημάνθηκε κατά τη συζήτηση στην ολομέλεια. Έτσι, ακόμα και οι μαθητές που δυσκολεύονταν στη χρήση των τύπων των Νόμων των αερίων κατάφεραν να τους αφομοιώσουν και να τους εφαρμόσουν σωστά.

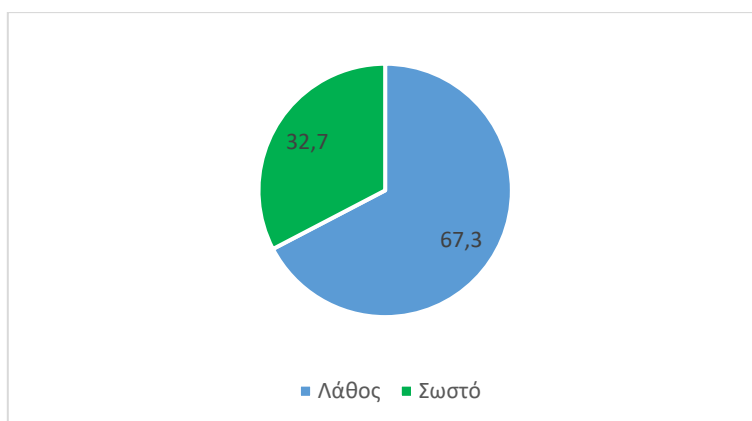


**Γράφημα 4.3 Απαντήσεις στη χρήση των τύπων των Νόμων των Αερίων pre-test**

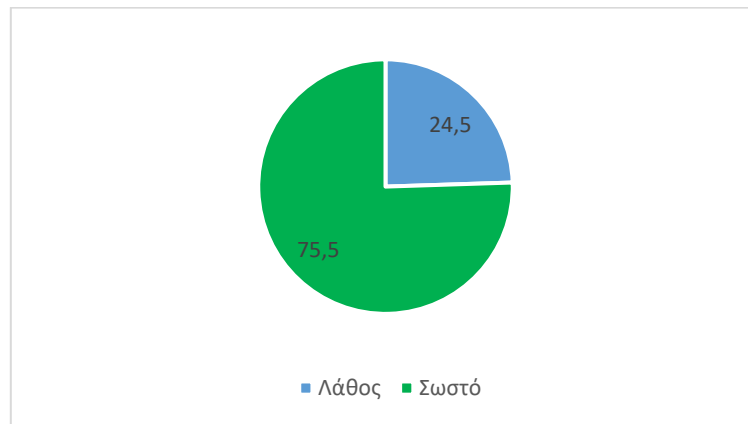


**Γράφημα 4.4 Απαντήσεις στη χρήση των τύπων των Νόμων των Αερίων post-test**

Συνεχίζοντας, στην εφαρμογή των Νόμων των αερίων υπήρξε η πιο αισθητή βελτίωση στο μέσο όρο των σωστών απαντήσεων (από 32,7% σωστές απαντήσεις, το ποσοστό ανέβηκε στο 75,5%). (Γράφημα 4.5 και Γράφημα 4.6). Η εφαρμογή αφορούσε στις μεταβολές που υπόκεινται τα αέρια και η μεγάλη διαφορά στην επίδοση των μαθητών αποδείκνυε ότι έγινε αλλαγή στη σκέψη τους και στη γνώση τους πάνω σε αυτούς. Σημαντικό ρόλο στην τελική καλύτερη επίδοση τους, σύμφωνα με τους μαθητές, έπαιξε η χρήση των προσομοιώσεων που οπτικοποίησαν τις μεταβολές και τις διαδικασίες που γίνονται σε μικροσκοπικό επίπεδο.

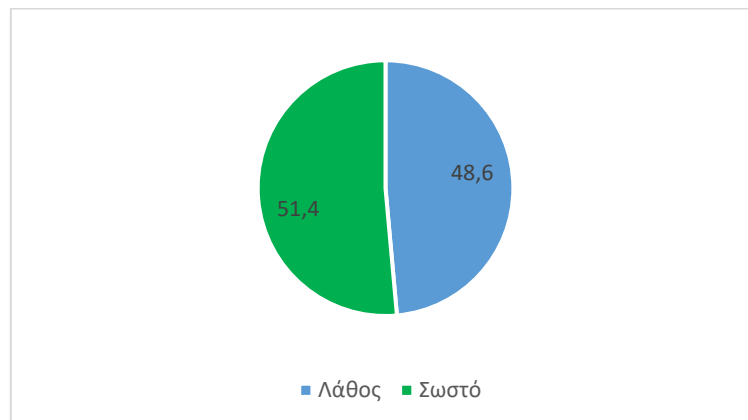


**Γράφημα 4.5: Απαντήσεις στην εφαρμογή των Νόμων των Αερίων pre-test**



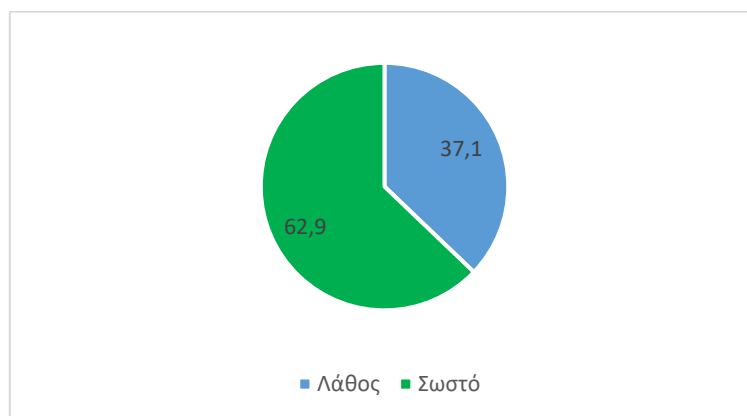
**Γράφημα 4.6 Απαντήσεις στην εφαρμογή των Νόμων των Αερίων post-test**

Αρχικά η επίδοση των μαθητών ήταν αρκετά υψηλή όσον αφορά στις σωστές απαντήσεις που αφορούν στην πειραματική διαδικασία. Ωστόσο, ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων αυξήθηκε ακόμα περισσότερο μετά την εφαρμογή της διερευνητικής διδασκαλίας (51,4% πριν και 62,9% μετά). Εδώ είναι εμφανής η χρησιμότητα των πειραματικών διαδικασιών είτε δια ζώσης είτε μέσω προσμοιώσεων ώστε να ενισχύεται η εμπειρική γνώση των μαθητών πόσο μάλλον κατά τη διαδικασία της διερευνητικής μάθησης.



**Γράφημα 4.7 Απαντήσεις που αφορούν την πειραματική διαδικασία pre-test**





**Γράφημα 4.8** Απαντήσεις που αφορούν την πειραματική διαδικασία post-test

Ενώ, ο μέσος όρος των σωστών απαντήσεων που αφορούν την πειραματική διαδικασία είναι μεγαλύτερος πριν και μετά την εφαρμογή της διερευνητικής διδασκαλίας παρατηρούνται ασυνήθιστα λανθασμένες απαντήσεις μετά την έρευνα σε συγκεκριμένη ερώτηση. Αυτή είναι η ερώτηση #11 που αναφέρεται στην πυκνότητα στην ισόχωρη μεταβολή. Πρόκειται για μια πιο σύνθετη ερώτηση, στην οποία οι μαθητές δεν εντόπισαν τη δυσκολία της και αρκέστηκαν στους βασικούς τύπους των Νόμων των αερίων που προφανώς περιλαμβάνουν άμεσα την πυκνότητα του αερίου.

## 5.1 Συμπεράσματα

Στο Κεφάλαιο των Συμπερασμάτων πρόκειται να απαντηθούν τα τιθέμενα εξ αρχής ερευνητικά ερωτήματα της ΔΕ, λαμβάνοντας υπόψη τα αποτελέσματα που αναφέρθηκαν στο προηγούμενο κεφάλαιο και τα δεδομένα που λήφθηκαν από τα ερευνητικά εργαλεία (ημερολόγιο καταγραφής εκπαιδευτικής διαδικασίας και pre & post ερωτηματολόγια). Πιο συγκεκριμένα:

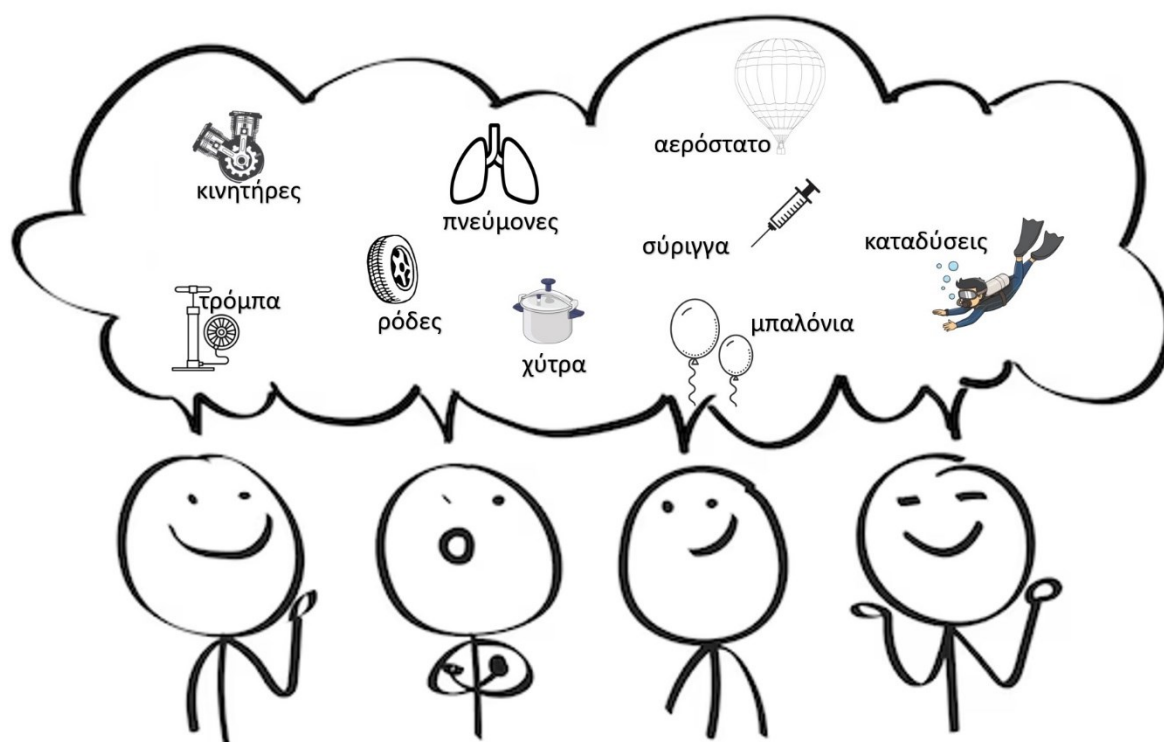
1<sup>ο</sup> ερευνητικό ερώτημα: **Με ποιον τρόπο θα μπορέσουν οι μαθητές να συνδέσουν τους Νόμους των αερίων με εφαρμογές της καθημερινότητας;**

Ο Boyle το 1664 και ο Mariotte λίγα χρόνια αργότερα εργαζόμενοι εμπειρικά κατέληξαν στην εξάρτηση του όγκου από την πίεση. Αν και αυτοί οι νόμοι αρχικά αναπτύχθηκαν για να περιγράψουν τη συμπεριφορά των αερίων σε εργαστηριακές συνθήκες, μπορούν επίσης να εφαρμοστούν σε πολλές καθημερινές καταστάσεις μιας και έχουν εμπειρική προέλευση. Τα συγκεκριμένα φύλλα εργασίας, ξεκινώντας από το έναυσμα με ερωτήσεις από σύγχρονα

θέματα, έθεσαν την περιέργεια των μαθητών σε λειτουργία ώστε να διαπιστώσουν μετά τη διερευνητική διαδικασία πως συνδέονται οι Νόμοι με τις εφαρμογές της καθημερινότητας.

Στο 1<sup>ο</sup> φύλλο εργασίας, το 28% των μαθητών ήταν ικανό να απαντήσει σωστά στις ερωτήσεις της δραστηριότητας 1 (έναυσμα) σε όλες τις μεταβολές, ενώ οι υπόλοιποι δυσκολεύονταν να κάνουν τη σύνδεση των Νόμοι των αερίων με τα φαινόμενα. Ωστόσο μετά από τις πειραματικές δραστηριότητες και την επεξεργασία τους, στην αξιολόγηση των αποτελεσμάτων, το 71% απάντησε σωστά στα ερωτήματα άμεσα, χωρίς δυσκολία στη σκέψη.

Η εξέλιξη στη σκέψη και στην κατανόηση των Νόμων των αερίων έγινε εμφανής κατά τη διάρκεια της συζήτησης στην τάξη που ακολούθησε του 1<sup>ου</sup> φύλλου εργασίας. Εκεί οι μαθητές εκτός από κατακλυσμό ιδεών, παρουσίασαν τα αποτελέσματα της διαδικτυακής έρευνας που τους είχε ανατεθεί για τις εφαρμογές των Νόμων στην καθημερινή ζωή (μπαλόνια, ελαστικά αυτοκινήτου, σύριγγα, αερόστατο, τρόμπα ποδηλάτου, χύτρα, καταδύσεις, πνεύμονες, κινητήρες) (Σχήμα 9). Στο 2<sup>ο</sup> φύλλο εργασίας, ενεργοποιήθηκαν περισσότεροι μαθητές και ήταν έτοιμοι να προσανατολιστούν σωστά, προς τους Νόμους των αερίων, για να δώσουν σωστές απαντήσεις στη δραστηριότητα 1 (έναυσμα).



Εικόνα 9 Brainstorming

Το 100% απάντησε σωστά στις τελικές ερωτήσεις της επεξεργασίας και της σύνδεσης με την καθημερινότητα.

Στο τελευταίο φύλλο εργασίας, η καθοδηγούμενη διερεύνηση με περισσότερους βαθμούς ελευθερίας στηριζόταν στην επίλυση προβλημάτων (problem solving). Εξάλλου η διερευνητική μάθηση συστήνεται ως προσέγγιση επίλυσης προβλημάτων και περικλείει την εφαρμογή ποικίλων δεξιοτήτων επίλυσης προβλημάτων (Pedaste & Saravu, 2006). Η τελική δοκιμασία ήταν κατεξοχήν σύνδεσης της μάθησης με τις εφαρμογές της καθημερινότητας.

**2<sup>ο</sup> ερευνητικό ερώτημα: Σε ποιο επίπεδο της διερεύνησης οι μαθητές είχαν μεγαλύτερη απόδοση; Έπαιξε ρόλο η εξοικείωσή τους με τις ΤΠΕ και τις στρατηγικές μάθησης που είχαν εφαρμοστεί πάνω τους παλιότερα;**

Οι μαθητές της Β' Λυκείου είχαν μεγάλη εμπειρία σε ανακαλυπτικού τύπου στρατηγικές μάθησης. Έτσι στο αρχικό επίπεδο της διερευνητικής διδασκαλίας, στη δομημένη διερευνητική διδασκαλία, είχαν μεγάλη εξοικείωση. Σε αυτό το επίπεδο, περισσότερο έκαναν την εμφάνιση οι προβληματισμοί τους για τους Νόμους των αερίων και λιγότερο για τη μέθοδο και τα βήματά της. Στα επόμενα φύλλα εργασίας, ενώ γινόταν η εφαρμογή των υπολοίπων επιπέδων διερεύνησης η απόδοσή τους δεν έπεσε καθώς ο χρόνος συμπλήρωσης των φύλλων εργασίας ήταν ο εκτιμώμενος.

**3<sup>ο</sup> ερευνητικό ερώτημα: Ήταν εφικτό να γίνει ανατροφοδότηση και αναπροσαρμογή της μεθόδου (είτε από τον εκπαιδευτικό είτε από τους μαθητές) κατά τη διάρκεια της διαδικασίας;**

Κατά τη διάρκεια της εφαρμογής της διερευνητικής μάθησης ανάμεσα στην εφαρμογή των φύλλων εργασίας έγινε συζήτηση στην ολομέλεια. Σε αυτή, οι μαθητές εξέφρασαν τους προβληματισμούς που προέκυψαν κατά την εργασία τους πάνω στα φύλλα εργασίας. Οι προβληματισμοί αυτοί αφορούσαν κυρίως τις μαθηματικές πράξεις που έπρεπε να γίνουν και τις λέξεις που έπρεπε να χρησιμοποιήσουν στη διατύπωση των Νόμων. Για τις μαθηματικές πράξεις δόθηκε η λύση του υπολογιστικού φύλλου και έγινε η αναπροσαρμογή του φύλλου εργασίας από την εκπαιδευτικό με την προτροπή των μαθητών. Ωστόσο το πρόβλημα με τις κατάλληλες λέξεις για τη διατύπωση των Νόμων δεν ήταν εμφανές στους μαθητές αλλά η εκπαιδευτικός το διαπίστωσε παρακολουθώντας του μαθητές στη συμπλήρωση των επεξηγήσεων στη δραστηριότητα 3. Έτσι αναπροσαρμόστηκαν τα φύλλα

εργασίας έτσι ώστε οι μαθητές να γνωρίζουν εκ των προτέρων τις λέξεις που είναι πιθανόν να χρησιμοποιηθούν.

Τα δύο ζητήματα που προέκυψαν είχαν διαφορετική προέλευση. Το πρώτο αφορούσε στην μαθηματική επεξεργασία και είναι ένα πρόβλημα που έχουν οι μαθητές στην εφαρμογή στην πράξη των μαθηματικών που γνωρίζουν. Για αυτό το λόγο, η αναπροσαρμογή που έγινε με τα υπολογιστικά φύλλα είχε ρόλο βοηθητικό και όχι αλλαγής της μεθόδου.

Ωστόσο, το δεύτερο ζήτημα με τις συμπλήρωση των λέξεων ήταν ένα πρόβλημα εφαρμογής της μεθόδου από την εκπαιδευτικό και είχε βαθύτερες ρίζες. Η Διερευνητική μάθηση στηρίζεται στην ενεργό συμμετοχή του μαθητή (Crawford, 2007) και στην ανακάλυψη της γνώσης. Αρχικά, η εκπαιδευτικός έχοντας συμβουλευτεί τη βιβλιογραφία κατά τη δημιουργία των φύλλων εργασίας με τη διερευνητική μέθοδο θεωρούσε ότι έπρεπε να είναι απόλυτη με τα στάδια που έπρεπε να ακολουθήσει, με τους βαθμούς ελευθερίας που έπρεπε να δώσει στους μαθητές και με το ρόλο της μέσα στην τάξη κατά την εφαρμογή της. Παρακολουθώντας όμως τους μαθητές της, αντιλήφθηκε ότι η όλη διαδικασία της διερεύνησης δεν είναι μια τυπική διαδικασία που περιγράφουν βιβλία και έρευνες αποκομμένη από τις γνώσεις και τις δεξιότητες των μαθητών της. Έτσι αναπροσάρμοσε τα φύλλα εργασίας ώστε να συμβαδίζουν με τις ανάγκες και τις δυσκολίες που είχαν οι μαθητές της στην επεξεργασία των φύλλων εργασίας τους. Εξάλλου, στη διερευνητική διαδικασία η εκπαιδευτικός λειτουργεί περισσότερο ως διευκολυντής της, παρά ως διεκπεραιωτής (Pedaste et al., 2015) και η αναπροσαρμογή της μεθόδου τόνισε τον ρόλο της.

**4<sup>ο</sup> ερευνητικό ερώτημα: Σε ποιο βαθμό, η ενασχόληση με τη συγκεκριμένη διερευνητική διαδικασία θα βοηθήσει τον μαθητή να καταστεί ικανός να επιλύσει προβλήματα που θα εμφανιστούν στη ζωή του;**

Η διερευνητική διαδικασία στοχεύει ώστε η διδασκαλία να μην εστιάζει στη συσσώρευση πληροφοριών αλλά στον τρόπο απόκτησης των γνώσεων (Dewey, 1910). Οι μαθητές εφάρμοσαν τη συγκεκριμένη πρότυπη μέθοδο στους Νόμους των αερίων μέσα στην τάξη με καλά αποτελέσματα. Παρ' όλα αυτά, είναι επιβεβλημένη η αναπροσαρμογή του Αναλυτικού προγράμματος σπουδών και του ωρολογίου προγράμματος των Θετικών Επιστημών ώστε να μπορεί να εφαρμοστεί καθολικά η νέα μέθοδος και να υπάρχουν περισσότερα στοιχεία για την εξέλιξη των μαθητών, δηλαδή αν έχει επιτευχθεί η αλλαγή

στον τρόπο σκέψης και στάσης τους απέναντι στα προβλήματα που θα εμφανιστούν στη ζωή τους.

### **5.1.1 Περιορισμοί**

Στην παρούσα έρευνα, υπήρξαν κάποιοι περιορισμοί που πιθανόν να έπαιξαν ρόλο στα τελικά συμπεράσματα και δεν μπορούν να αγνοηθούν. Κάποιοι από αυτούς ήταν σημαντικοί, όπως ο μικρός αριθμός των μαθητών της Β΄ Λυκείου θετικού προσανατολισμού (μικρό δείγμα για μελέτη) και η έλλειψη μαθητών που θα αποτελούσαν την ομάδα ελέγχου. Έτσι, τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευθούν για μεγάλο αριθμό μαθητών.

Επίσης οι συγκεκριμένοι μαθητές είχαν το πλεονέκτημα να γνωρίζουν από πριν το στυλ διδασκαλίας που ακολουθεί ο εκπαιδευτικός με τη χρήση φύλλων εργασίας και λογισμικών ΤΠΕ. Οπότε δεν είναι το αντιπροσωπευτικότερο δείγμα Ελλήνων μαθητών, εφόσον συνηθίσει να εργάζονται ομαδοσυνεργατικά, ανακαλύπτοντας και διερευνώντας.

Ένας ακόμα περιοριστικός παράγοντας ήταν η μη διαθεσιμότητα, όποτε χρειάστηκε, του εργαστηρίου πληροφορικής καθώς χρησιμοποιείται για μαθήματα πληροφορικής.

Παρ' όλα αυτά ο κυριότερος περιορισμός προέρχεται από τις οδηγίες των θετικών μαθημάτων που βασίζονται στο Αναλυτικό Πρόγραμμα Σπουδών. Σύμφωνα με τις οδηγίες ο χρόνος που προβλέπεται για τη διδασκαλία ολόκληρου του κεφαλαίου «Κινητική Θεωρία των αερίων» με 5 υποκεφάλαια, ένα από αυτά είναι «Οι Νόμοι των αερίων», είναι 4 διδακτικές ώρες. Σε αυτές τις 4 διδακτικές ώρες είναι ακατόρθωτο να πραγματοποιηθούν 3 φύλλα εργασίας και ασκήσεις, πόσο μάλλον εκπαιδεύοντας τους μαθητές στη διερευνητική μάθηση.

### **5.1.2 Πιθανές επεκτάσεις – Προσαρμογές έρευνας**

Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε μια τάξη μαθητών Β΄ Λυκείου κατεύθυνσης. Θα ήταν καλό τα ίδια φύλλα εργασίας να χρησιμοποιηθούν στο μάθημα της Χημείας της Α΄ Λυκείου, δηλαδή από μικρότερους ηλικιακά μαθητές ώστε να διαπιστωθεί αν είναι σαφές το πλαίσιο της διερευνητικής μάθησης και αν η εμπειρία των μαθητών σε εργαστηριακές ασκήσεις και σε χρήση φύλλων εργασίας παίζει ουσιαστικό ρόλο.

Προτείνουμε να επεκταθεί η ίδια διερευνητική προσέγγιση και σε άλλα θεματικά πεδία των θετικών επιστημών, σε άλλες βαθμίδες, σε άλλες ηλικιακές ομάδες μαθητών έτσι ώστε τα

αποτελέσματα της έρευνας να είναι πιο έγκυρα λαμβάνοντας υπόψη όλες αυτές τις παραμέτρους. Εξάλλου με την καθολική εφαρμογή των Νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων στις Θετικές επιστήμες θα είμαστε σε θέση μετά από καιρό της εφαρμογή της να διαπιστώσουμε τα οφέλη της όπως επίσης και ποιες προσαρμογές πρέπει να γίνουν ώστε να ταιριάζουν με το Ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα.

Επίσης, τα συγκεκριμένα φύλλα εργασίας κατασκευάστηκαν από την εκπαιδευτικό ώστε να ικανοποιηθούν οι στόχοι που είχε θέσει για τους μαθητές της λαμβάνοντας υπόψη το γνωστικό τους επίπεδο, τις εναλλακτικές τους ιδέες, τον τρόπο που λειτουργούν σαν ομάδα ακόμα και το πόσο εύκολα μπορούν να ανταπεξέλθουν σε αλλαγές στον τρόπο διδασκαλίας. Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας τα φύλλα εργασίας αναπροσαρμόστηκαν για να «ταιριάζουν» στους μαθητές της. Έτσι, ενώ το συνεχές της διερεύνησης καταλήγει στην «ανοικτή διερεύνηση» η εκπαιδευτικός προτίμησε να μην την εφαρμόσει αλλά τη θέση της να πάρει μια διδασκαλία «καθοδηγούμενη με αυξημένους βαθμούς ελευθερίας». Η διαφορά των δύο επιπέδων έχει να κάνει με τον ορισμό του ερευνητικού ερωτήματος. Στην ανοικτή διερεύνηση το ερευνητικό ερώτημα το θέτουν οι ίδιοι οι μαθητές και όχι ο εκπαιδευτικός όπως γίνεται στην καθοδηγούμενη διερεύνηση. Ωστόσο μιας και οι μαθητές «ανέβαιναν» πρώτη φορά τα επίπεδα της διερεύνησης, η εκπαιδευτικός προτίμησε να καθοδηγήσει τους μαθητές της δίνοντας δυο προβλήματα επικουρώντας τους στην επίλυσή τους. Η επιλογή αυτή της εκπαιδευτικού στηρίχτηκε στην απειρία των μαθητών στην ανοικτή διερευνητική διδασκαλία, στην έλλειψη χρόνου ώστε να τους εκπαιδεύσει κατάλληλα στα επίπεδα της διερεύνησης και στη δυσκολία που θα είχαν να επιλύσουν κάποιο πρόβλημα εντοπίζοντας οι ίδιοι τους το ερευνητικό ερώτημα.

Με τη συνεχή εξάσκηση των μαθητών στην διερευνητική διαδικασία μέσα στα σχολικά εργαστήρια και την εφαρμογή των Νέων Αναλυτικών Προγραμμάτων όπου ο προσανατολισμός τους είναι η διερευνητική διδασκαλία, οι μαθητές θα παρουσιάζουν μεγαλύτερη εξοικείωση με την επίλυση προβλημάτων που στην πραγματικότητα είναι ο βασικός στόχος της διερευνητικής μάθησης.

## Βιβλιογραφία

- Αντωνίου, Α. (χ.χ). *Βοηθώντας τους μαθητές να μάθουν φυσική- Εναλλακτικές ιδέες μαθητών*. Ανακτήθηκε στις 17/12/2023 από <https://users.sch.gr/antoniou/MyPage/Documents/Misconceptions/AltConc.htm>
- Καρυώτογλου, Π, Σπύρτου, Α, Πνευματικός, Δ. & Ζουπίδης, Α (2012). Σύγχρονες τάσεις στα Προγράμματα Σπουδών Φυσικών Επιστημών: Οι περιπτώσεις της διερεύνησης και των επισκέψεων σε χώρους επιστήμης και τεχνολογίας στο πρόγραμμα “Material Science” . *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 5(1-2), 153-164
- Κώτσης, Κ., & Ευαγγέλου, Φ. (2010). Μαθησιακά αποτελέσματα μετά από την εκτέλεση πραγματικών και εικονικών πειραμάτων Φυσικής σε μαθητές Πέμπτης και Έκτης Δημοτικού σχετικά με την έννοια του απλού ηλεκτρικού κυκλώματος. *Θέματα Επιστημών και Τεχνολογίας στην Εκπαίδευση*, 3(3), 141-158.
- Λεύκος, Ι.(2011). *Διδακτορική διατριβή: Μελέτη όψεων της διδασκαλίας της θερμότητας με εφαρμογές τεχνολογιών πληροφορίας και επικοινωνίας στην υποχρεωτική εκπαίδευση*, ΑΠΘ
- Σκορδούλης, Κ & Στεφανίδου, Κ. (2021). *Διδακτική Μεθοδολογία των Φυσικών Επιστημών*. Αθήνα: Εκδόσεις ΠΡΟΠΟΜΠΟΣ
- Σταυρίδου, Ε. (2011). Διδασκαλία και μάθηση των Φυσικών Επιστημών - Σύγχρονες τάσεις και οι επιπτώσεις τους στη διδακτική πράξη, στο Βασικό Επιμορφωτικό υλικό, τόμος Β: Ειδικό μέρος ΠΕ04 Φυσικών Επιστημών, Μείζον Πρόγραμμα Επιμόρφωσης, Αθήνα: ΠΙ
- Barton, R (1998) *IT in practical work :assessing and increasing the value-added, in: J Wellington* (Ed) *Practical Work in School Science*, London, New York: Routledge
- Blanchard, M. R., Southerland, S. A., Osborne, J. W., Sampson, V. D., Annetta, L. A., & Granger, E. M. (2010). Is inquiry possible in light of accountability?: a quantitative comparison of the relative effectiveness of guided inquiry and verification laboratory instruction. *Science Education*, 94(4), 577–616.
- Blumenfeld, P. C., Soloway, E., Marx, R. W., Krajcik, J., Guzdial, M., & Palincsar, A. (1991). Motivating Project – Based Learning: Sustaining the Doing, Supporting the Learning. *Educational Psychologist*, 26(314), 369-388



- Çelik, H., Sari, U., & Harwanto, U. N. (2014). Developing and Evaluating Physics Teaching Material with algodo (phun) in Virtual Environment; Archimedes' Principle. The Eurasia Proceedings of Educational & Social Sciences (EPESS), 2014 Volume 1, 178-183. Turkey: ISRES Publishing
- Cohen, L. & Manion, L. (1997). Μεθοδολογία Εκπαιδευτικής Έρευνας. (Μητσοπούλου, Χ. και Φιλοπούλου, Μ. Μτφρ( Εκδόσεις Έκφραση). Ανακτήθηκε στις 10/12/2023 από <http://aee.iep.edu.gr/methodology>
- Crawford, R. (2007). *Secondary school music education: A case study in adapting to ICT resource limitations*. Australasian Journal of Educational Technology, 25(4), 471–488.
- De Jong, Ton, & Van Joolingen, W. R. (1998). *Scientific discovery learning with computer simulations of conceptual domains*. Review of Educational Research, 68(2), 179–201
- Dewey, J.(1933/1910) . How We Think .Lexington , MA: D.C.Heath
- Dolan, E., & Grady, J. (2010). Recognizing students' scientific reasoning: a tool for categorizing complexity of reasoning during teaching by inquiry. Journal of Science Teacher Education, 21, 31-55.
- Driver, R., Squires, A., Rushworth, P., & Wood-Robinson, V. (1999). *Οικοδομώντας τις έννοιες των Φυσικών Επιστημών-Μια Παγκόσμια σύνοψη των ιδεών των μαθητών* (Μ. Χατζή, Μτφρ.). Εκδόσεις Τυπωθήτω.
- Driver, R., Guesne, E., & Tiberghien, A. (1993). Οι ιδέες των παιδιών στις φυσικές επιστήμες. Εκδόσεις Έκτυπον Ε.Π.Ε.
- Eick, C., Meadows, L., & Balkcom, R., (2005). *Breaking into inquiry: Scaffolding supports beginning efforts to implement inquiry in the classroom*. *The Science Teacher*, 72(7), 49–53. ERIC No: EJ727895
- Friesen, Sh., & Scott, D. (2013). *Inquiry-Based Learning : A Review of the Research Literature*. Alberta Ministry of Education
- Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2002). Learning Together and Alone: Overview and Meta-Analysis. *Asia Pacific Journal of Education*, 22, 995-1005.<https://doi.org/10.1080/0218879020220110>
- Hodson, D., & Prophet, R. B. (1986). Why the science curriculum changes: Evolution or social control?. In J. Brown, A. Cooper, T. Horton, F. Toates & D. Zeldin (eds.), *Science in Schools* (pp. 163-180). Philadelphia: Open University Press.



- Millar, R. (2006). Twenty first century science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school science. *International Journal of Science Education*, 28(13), 1499-1521
- Pedaste, M., & Sarapuu, T. (2006). Developing an effective support system for inquiry learning in a Web-based environment. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(1)
- Pedaste, M., Mäeots, M., Leijen, Ä., & Sarapuu, T. (2012). Improving students' inquiry skills through reflection and self-regulation scaffolds. *Technology, Instruction, Cognition and Learning*
- Pedaste, M., Mäeots, M., Siiman, L.A., De Jong, T., van Riesen, S.A.N., Kamp, E.T., Manoli, C.C., Zacharia, C.Z., & Tsourlidaki, E. (2015). Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle. *Educational Research Review*
- Schwab, J.(1966). *The teaching of science* . Cambridge , MA: Harvard Unovercity Press.
- Treagust, D.F., & Duit, R. (2008), Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cultural Studies of Science Education*, 3(2), 297-328. <https://doi.org/10.1007/s11422-008-9090-4>
- Zacharia, Z., & Michael, M. (2016). *Using Physical and Virtual Manipulatives to Improve Primary School Students' Understanding of Concepts of Electric Circuits*, In M. Riopel & Z. Smyrniou (Eds), *New Developments in Science and Technology Education*, (pp. 125-140). New York: Springer.
- Δ.Ε.Π.Π.Σ (2013) ΠΙ Ανακτήθηκε στις 10/1/2024 από : <http://www.pi-schools.gr/programs/depps/>
- Π.Σ (2021) ΠΙ Ανακτήθηκε στις 10/1/2024 από : <https://iep.edu.gr/el/nea-programmata-spoudon-arxiki-selida>
- ΜΠΕ, (2011). Βασικό Επιμορφωτικό Υλικό, τόμος Β: Ειδικό μέρος ΠΕ04 Φυσικών Επιστημών, Αθήνα: ΠΙ Ανακτήθηκε 6/1/2024 από <http://www.epimorfosi.edu.gr/images/stories/ebook-epimorfotes/pe04/3.%20TOMOS%20B%20PE04.pdf>
- National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 Science Education: Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas*. Washington, DC: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/13165>
- Pathway, (2012). *Διερευνητικές διαδρομές στη διδασκαλία των Επιστημών, Οδηγός Καθηγητή*. Ανακτήθηκε στις 5/1/2024 από <http://www.pi-schools.gr/programs/pathway/index.php?ep=5>

## Χρήσιμες ιστοσελίδες

Σύγχρονο εργαστηριακό περιβάλλον Σ.Ε.Π.

<http://photodentro.edu.gr/aggregator/lo/photodentro-aggregatedcontent-8531-307>

Εικονικό εργαστήριο PHET

[https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro\\_all.html?locale=el](https://phet.colorado.edu/sims/html/gases-intro/latest/gases-intro_all.html?locale=el),

Tanker Crush από Mythbusters

<https://www.youtube.com/watch?v=kM-k1zofs58>

Pressure Cooker explodes από NDTV

<https://www.youtube.com/watch?v=xZ710BRMdXc>

Ballons in liquid nitrogen από MWSU Chemistry Department

<https://www.youtube.com/watch?v=oEZbkXB3y1Q&t=161s>

## Παράρτημα Α: Ερωτηματολόγιο αρχικού – τελικού ελέγχου (pre-test, post-test)

1. Ποια είναι η καταστατική εξίσωση των αερίων και ποια μεγέθη εμπλέκει;
2. Ποσότητα ιδανικού αερίου έχει απόλυτη θερμοκρασία  $T$ . Αν τριπλασιαστούν ταυτόχρονα η πίεση και ο όγκος, η απόλυτη θερμοκρασία γίνεται
  - α.  $T$
  - β.  $3T$
  - γ.  $6T$
  - δ.  $9T$
3. Ο νόμος του Charles ισχύει:
  - α. μόνο όταν η θερμοκρασία του αερίου είναι σταθερή
  - β. μόνο όταν η πίεση του αερίου είναι σταθερή
  - γ. για όλες τις συνθήκες
  - δ. μόνο όταν ο όγκος του αερίου είναι σταθερός.
4. Σε μια ισόθερμη μεταβολή:
  - α. η πίεση του αερίου παραμένει σταθερή
  - β. το γινόμενο  $PV$  παραμένει σταθερό
  - γ. η θερμοκρασία δεν είναι σταθερή
  - δ. η μεταβολή του όγκου είναι μηδέν.
5. Σε μια ισοβαρή μεταβολή:
  - α. ο όγκος αυξάνεται με τη μείωση της θερμοκρασίας
  - β. η θερμοκρασία του αερίου είναι μηδέν
  - γ. η πίεση του αερίου είναι σταθερή
  - δ. το αέριο εκτονώνεται ή συμπιέζεται.

6. Σε μια μεταβολή ιδανικού αερίου ισχύει  $P = (\text{σταθ}) \cdot T$ . Η μεταβολή αυτή είναι :

- α. ισοβαρής
- β. κυκλική
- γ. ισόχωρη
- δ. ισόθερμη.

7. Όταν θερμαίνουμε ένα αέριο κρατώντας τον χώρο που καταλαμβάνει σταθερό, τότε το αέριο:

- α. εκτονώνεται
- β. συμπιέζεται
- γ. ψύχεται
- δ. θερμαίνεται.

8. Σε μια ισόθερμη συμπίεση:

- α. η θερμοκρασία του αερίου παραμένει σταθερή
- β. η πίεση του αερίου μειώνεται
- γ. το αέριο ψύχεται
- δ. ο όγκος του αερίου αυξάνεται.

9.

- α. Όταν θερμανθεί ένα ιδανικό αέριο υπό σταθερή πίεση, θα αυξηθεί η θερμοκρασία του.
- β. Διπλασιάζοντας τον όγκο μιας ποσότητας ιδανικού αερίου, υπό σταθερή θερμοκρασία διπλασιάζεται και η πίεση.
- γ. Διπλασιάζοντας την πίεση μιας ποσότητας ιδανικού αερίου, υπό σταθερό όγκο, υποδιπλασιάζεται η απόλυτη θερμοκρασία του.

10. Στον νόμο του Boyle:

- α. η θερμοκρασία του αερίου παραμένει σταθερή
- β. η πίεση του αερίου παραμένει σταθερή
- γ. το γινόμενο PV αυξάνεται γραμμικά με τη θερμοκρασία
- δ. δεν ισχύει η καταστατική εξίσωση.

11. Ποσότητα αερίου ψύχεται σε σταθερό όγκο. Η πυκνότητά του:

- α. παραμένει σταθερή
- β. μειώνεται
- γ. αυξάνεται
- δ. δεν μπορεί να υπολογιστεί

12. Σε δοχείο σταθερού όγκου περιέχεται αέριο. Για να τετραπλασιαστεί η πίεση και ταυτόχρονα να διπλασιαστεί η απόλυτη θερμοκρασία, πρέπει με κάποιον τρόπο η μάζα του αερίου

- α. να παραμείνει ίδια
- β. να τετραπλασιαστεί
- γ. να διπλασιαστεί
- δ. να υποδιπλασιαστεί.

13. Σε μια ισόθερμη μεταβολή:

- α. όταν η πίεση τριπλασιάζεται, ο όγκος υποτριπλασιάζεται
- β. όταν η πίεση τριπλασιάζεται, ο όγκος επίσης τριπλασιάζεται
- γ. όταν η πίεση υποτριπλασιάζεται, ο όγκος επίσης υποτριπλασιάζεται
- δ. όταν η πίεση τριπλασιάζεται, ο όγκος παραμένει σταθερός

14. Όταν σε μια μεταβολή η θερμοκρασία παραμένει σταθερή, η σχέση πίεσης και όγκου συγκεκριμένης ποσότητας αερίου είναι:

$$\alpha. P \cdot V = \text{σταθ}$$

$$\beta. P \cdot V^2 = \text{σταθ}$$

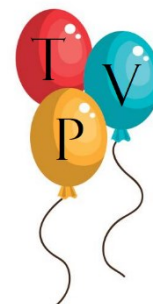
$$\gamma. \frac{P}{V} = \text{σταθ}$$

15. Ένα αέριο περιέχεται σε δοχείο σταθερού όγκου. Από τις παρακάτω μεταβολές διαλέξτε αυτή που θα μπορούσε να οδηγήσει στην σχετικά μεγαλύτερη μεταβολή της πίεσης του αερίου είναι :

α.ο διπλασιασμός του αριθμού των μορίων του αερίου

β.ο διπλασιασμός της απόλυτης θερμοκρασίας του αερίου και ο υποδιπλασιασμός του αριθμού των μορίων του αερίου

γ. ο διπλασιασμός της μάζας του αερίου και ο διπλασιασμός της θερμοκρασίας του.



## **Παράρτημα Β: Ημερολόγιο καταγραφής εκπαιδευτικής διαδικασίας**

12/2	Εισαγωγή στο Κεφάλαιο 3 «Κινητική θεωρία των αερίων» βιβλίο Φυσική Ομάδας Προσανατολισμού θετικών σπουδών Β' Γενικού Λυκείου». (1 Σχολική ώρα)
16/2	Pre-test, 1ο Φύλλο εργασίας- Δομημένη Διερευνητική διδασκαλία (2 Σχολικές ώρες )
19/2	Συζήτηση στην τάξη- Ανατροφοδότηση- Brain storming (1 σχολική ώρα)
23/2	2ο Φύλλο εργασίας- Καθοδηγούμενη Διερευνητική διδασκαλία (1 σχολική ώρα)
26/2	Συζήτηση στην τάξη- Ανατροφοδότηση- 3ο Φύλλο εργασίας- Ανοικτή Διερεύνηση (Problem solving). (2 Σχολικές ώρες )
28/2	Post-test- Απολογισμός- Αξιολόγηση μαθητών και διαδικασίας. (1 Σχολική ώρα)

Υπεύθυνη Δήλωση Συγγραφέα:

Δηλώνω ρητά ότι, σύμφωνα με το άρθρο 8 του Ν.1599/1986, η παρούσα εργασία αποτελεί αποκλειστικά προϊόν προσωπικής μου εργασίας, δεν προσβάλλει κάθε μορφής δικαιώματα διανοητικής ιδιοκτησίας, προσωπικότητας και προσωπικών δεδομένων τρίτων, δεν περιέχει έργα/εισφορές τρίτων για τα οποία απαιτείται άδεια των δημιουργών/δικαιούχων και δεν είναι προϊόν μερικής ή ολικής αντιγραφής, οι πηγές δε που χρησιμοποιήθηκαν περιορίζονται στις βιβλιογραφικές αναφορές και μόνον και πληρούν τους κανόνες της επιστημονικής παράθεσης.