

Εκπαίδευση Επιμορφωτών Β' επιπέδου Τ.Π.Ε.

Συστάδα 9: Εκπαιδευτικοί Μηχανικοί

Εκπαιδευτικό Σενάριο

Θερμοδυναμικές μεταβολές τέλειων αερίων: ισόχωρη και αδιαβατική μεταβολή

Έκδοση 1η

Σεπτέμβρης 2018

Πράξη:

ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΑΞΙΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΕΦΑΡΜΟΓΗ
ΤΩΝ ΨΗΦΙΑΚΩΝ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΩΝ ΣΤΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗ ΠΡΑΞΗ
(ΕΠΙΜΟΡΦΩΣΗ Β' ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΤΠΕ)

Φορείς Υλοποίησης:

Δικαιούχος φορέας:



ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ & ΕΚΔΟΣΕΩΝ

Συμπράττων φορέας:



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ, ΕΡΕΥΝΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΙΝΣΤΙΤΟΥΤΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΗΣ ΠΟΛΙΤΙΚΗΣ



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση
 Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



Περιεχόμενα

A: ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ	3
1.1 Εισαγωγή.....	3
1.2 Τάξη ή τάξεις στις οποίες απευθύνεται	3
1.3 Διάρκεια Εφαρμογής Σεναρίου	3
B. ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ	3
1.4 Διδακτικοί στόχοι ή αναμενόμενα αποτελέσματα.....	3
1.5 Ενορχήστρωση της τάξης.....	3
1.6 Τεκμηρίωση του σεναρίου	3
1.7 Υλικοτεχνική υποδομή	5
Γ. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ	5
1.8 Πορεία διδασκαλίας	5
1.9 Βιβλιογραφία.....	7
Δ. Φύλλα Εργασίας.....	8
1.10 Φύλλο εργασίας 1	8
1.11 Φύλλο εργασίας 2	13
1.12 Φύλλο εργασίας 3	17

Θερμοδυναμικές μεταβολές τέλειων αερίων

Το σενάριο αυτό μελετά την ισόχωρη και την αδιαβατική μεταβολή και τη σύνδεση τους με τον θερμικό κύκλο έργου ΟΤΤΟ μιας μηχανής εσωτερικής καύσης (ΜΕΚ).

Δημιουργός: Φράγκου Στασινή

Επιμέλεια: Κυπαρισσία Παπανικολάου

A: ΤΑΥΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥ ΣΕΝΑΡΙΟΥ

1.1 Εισαγωγή

Στο πλαίσιο της εισαγωγής στις βασικές Αρχές Μηχανολογίες οι μαθητές διδάσκονται τις θερμοδυναμικές μεταβολές τέλειων αερίων, τις σχέσεις των μεγεθών και τα αντίστοιχα διαγράμματα. Μέρος του αναλυτικού τους προγράμματος είναι επίσης και η μελέτη των θερμικών κύκλων έργου των ΜΕΚ. Στο σενάριο αυτό με τη βοήθεια του εικονικού εργαστηρίου οι μεταβολές προσεγγίζονται πειραματικά και οι μαθητές έχουν την ευκαιρία να τα μελετήσουν χωρίς ιδιαίτερα απαιτητική μαθηματική επεξεργασία.

1.2 Τάξη ή τάξεις στις οποίες απευθύνεται

A Λυκείου ΕΠΑ.Λ

1.3 Διάρκεια Εφαρμογής Σεναρίου

2-3 διδακτικές ώρες

B. ΠΛΑΙΣΙΟ ΕΦΑΡΜΟΓΗΣ

1.4 Διδακτικοί στόχοι ή αναμενόμενα αποτελέσματα

Να αναγνωρίσουν τις συνθήκες στις οποίες πραγματοποιούνται η ισόχωρη και η αδιαβατική μεταβολή.

Να επαληθεύσουν τις σχέσεις και τα διαγράμματα που αντιστοιχούν σε κάθε περίπτωση

Να αναγνωρίσουν τις αντίστοιχες μεταβολές στο θερμικό κύκλο έργου Otto μηχανής εσωτερικής καύσης.

1.5 Ενορχήστρωση της τάξης

Οι μαθητές εργάζονται στο μεγαλύτερο μέρος του σεναρίου αυτόνομα σε δυάδες με τη βοήθεια ατομικού φύλλου εργασίας και υπολογιστή με το κατάλληλο λογισμικό. Αν ωστόσο δεν είναι εφικτή η χρήση του εργαστηρίου υπολογιστών το μάθημα μπορεί να οργανωθεί με τη βοήθεια βιντεοπροβολέα στην ολομέλεια της τάξης με ατομικά φύλλα εργασίας.

1.6 Τεκμηρίωση του σεναρίου

Σύμφωνα με τις σύγχρονες θεωρίες η μάθηση είναι μία δυναμική διεργασία η οποία συντελείται ατομικά, επηρεάζεται από το προϋπάρχον γνωστικό και ερμηνευτικό πλαίσιο του μαθητή, οικοδομείται μέσα από τις εκπαιδευτικές εμπειρίες και ενισχύεται από την κοινωνική αλληλεπίδραση στα πλαίσια της ομάδας ή της τάξης (Σμυρναίου Ζ., 2014). Αναλυτικότερα:

Οι μαθητές που έρχονται στην τάξη μέσα από την προσωπική του αλληλεπίδραση με τον κόσμο ή τις προηγούμενες εκπαιδευτικές τους εμπειρίες διαθέτουν ένα σύνολο από ιδέες που δεν

προσεγγίζουν πάντα τις επιστημονικά αποδέκτες σκέψεις. Οι ιδέες αυτές ονομάζονται από τους ερευνητές διαισθητικές ιδέες (intuitive notions) εναλλακτικές αντιλήψεις (alternative conceptions). Οι ιδέες αυτές δομούν νοητικά μοντέλα του πραγματικού κόσμου και χρησιμοποιούνται για την περιγραφή, πρόβλεψη και εξήγηση των εμπειριών. Η αποτελεσματικότητα της διδασκαλία επομένως εξαρτάται από το βαθμό που λαμβάνει υπόψη της τα παραπάνω και οδηγεί στη διαμόρφωση επιστημονικά έγκυρων νοητικών μοντέλων.

Ειδικότερα στη μελέτη των θερμοδυναμικών μεταβολών οι έννοιες που εμπλέκονται είναι αφαιρετικές και αποτέλεσμα της λειτουργίας ενός πολυσυνθέτου συστήματος. Οι μαθητές σύμφωνα με τους ερευνητές κατέχουν απόψεις για τη φύση των μεγεθών που εμπλέκονται. Ενδεικτικά:

- Συχνά οι μαθητές δεν διαχωρίζουν τις έννοιες θερμοκρασία- θερμότητα.
- Διατηρούν την άποψη ότι η θερμότητα είναι ένα ποιοτικό μέγεθος με ιδιότητες ανάλογες με αυτές ενός ρευστού (ρέει).
- Θεωρούν ότι υπάρχουν δυο διαφορετικές οντότητες η θερμότητα και το ψύχος.
- Η θερμοκρασία μπορεί να αλλάξει μόνο αν στο σύστημα προσφερθεί θερμότητα. (Arons 1990, Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000)

Οι διδακτικές παρεμβάσεις που προτείνονται στο πλαίσιο του εποικοδομισμού είναι δραστηριότητες ανάκλησης των πρότερων γνώσεων και αντιλήψεων, δραστηριότητες που εκθέτουν τους μαθητές στην παρατήρηση φαινομένων που έρχονται σε αντίθεση με τις παρανοήσεις του και προκαλούν αποσταθεροποίηση των εσφαλμένων απόψεων (γνωστική σύγκρουση), δραστηριότητες αναστοχασμού και αξιολόγησης των απόψεων (μεταγνωστικές δραστηριότητες).

Στο παρόν σενάριο επιλέχθηκε η **διδακτική προσέγγιση της διερευνητικής μάθησης με πειραματισμό** για την καθοδηγούμενη διερεύνηση των νόμων που διέπουν τις μεταβολές τέλειων αερίων και η εφαρμογή αυτών σε κινητήρες εσωτερικής καύσης. Η προσέγγιση αυτή συνδυάζει το πλαίσιο του εποικοδομισμού με την επιστημονική μεθόδου. Τα στάδια σύμφωνα με την διερευνητική μάθηση μέσω πειραματισμού είναι: Α) Προσανατολισμός: Στο στάδιο αυτό γίνεται εισαγωγή στο θέμα. Μπορεί να γίνει με τη βοήθεια μίας παρατήρησης από την καθημερινή εμπειρία των μαθητών ή ενός προβλήματος Β) Εννοιολόγηση: περιλαμβάνει έρευνα στις μεταβλητές, καθοδηγεί στην ανάκληση των πρότερων γνώσεων των μαθητών και ολοκληρώνετε με την διατύπωση υπόθεσης Γ) Πειραματισμός: περιλαμβάνει σχεδιασμό πειράματος, διατύπωση προβλέψεων, πραγματοποίηση πειράματος-συλλογή δεδομένων, επεξεργασία και ερμηνεία δεδομένων Δ) Συμπεράσματα: περιλαμβάνει έλεγχο της ορθότητας της αρχικής υπόθεσης με βάση τα αποτελέσματα του πειράματος, Στ) Συζήτηση και Αναστοχασμός: περιλαμβάνει επικοινωνία των αποτελεσμάτων και επισκόπηση της συνολικής διαδικασίας. Στη συγκεκριμένη περίπτωση τόσο η πειραματικής υπόθεση όσο και ο σχεδιασμός της πειραματικής διαδικασίας δίνεται στους μαθητές από τον εκπαιδευτικό.

Η πραγματοποίηση του πειράματος γίνεται με τη χρήση ενός εικονικού εργαστηρίου (προσομοίωση) η οποία πέρα από την συλλογή των μετρήσεων παρέχει την δυνατότητα γραφικών παραστάσεων και υπολογισμών μεγεθών όπως η θερμότητα, η μεταβολή της εσωτερικής ενέργειας και το έργο.

Η εργασία των μαθητών γίνεται σε δυάδες οι οποίες ακολουθώντας αυτόνομα τις οδηγίες του φύλλου εργασίας μελετούν τα φαινόμενα. Η αλληλεπίδραση στην μικρή ομάδα για την πραγματοποίηση μέρους του έργου λειτουργεί θετικά ως προς την ενεργοποίηση και εμπλοκή

όλων των μαθητών στη μαθησιακή διαδικασία πράγμα που αποτελεί πρωταρχικό στόχο της εκπαιδευτικής διαδικασίας. Επιπλέον δημιουργεί ένα πλαίσιο αυθεντικής επικοινωνίας και διαπραγμάτευσης νοήματος που επιτρέπει σε κάθε μαθητή να επεξεργαστεί τις απόψεις και τις ιδέες του διευκολύνοντας έτσι την εννοιολογική αλλαγή (Ματσαγγούρας, 2000).

1.7 Υλικότεχνική υποδομή

Το μάθημα πραγματοποιείται στο εργαστήριο των υπολογιστών Είναι καλό να υπάρχει η δυνατότητα προβολής των αποτελεσμάτων στην ολομέλεια. Γίνεται χρήση του λογισμικού Σ.Ε.Π. το οποίο πρέπει να είναι αποθηκευμένο στον υπολογιστή. Εναλλακτικά, το μάθημα μπορεί να γίνει στην αίθουσα διδασκαλίας με 1 Η/Υ και βιντεοπροβολέα.

Το συγκεκριμένο λογισμικό ανήκει στην κατηγορία των εικονικών εργαστηρίων και δίνει τη δυνατότητα εικονικής αναπαράστασης μιας αντιστρεπτής μεταβολής σε τέλεια και πραγματικά αέρια. Υπάρχει η δυνατότητα άμεσου ελέγχου των μεταβλητών πίεσης, θερμοκρασίας, όγκου και είδος αερίου και ταυτόχρονης παρατήρησης των μεταβολών στην εσωτερική ενέργεια του συστήματος και τις ανταλλαγές θερμότητα και έργου με το περιβάλλον μέσω ραβδογραμμάτων. Τέλος επιτρέπει τη λήψη γραφικών παραστάσεων των μεγεθών που εμπλέκονται κατά την διάρκεια των μεταβολών όπως πίεσης-όγκου.

Το εικονικό εργαστήριο θερμοδυναμικής Σ.Ε.Π. επιτρέπει την πραγματοποίηση πειραμάτων τα οποία απαιτούν ειδικευμένο εργαστηριακό εξοπλισμό ή είναι αδύνατο να πραγματοποιηθούν στο πλαίσιο του σχολικού εργαστηρίου. Ταυτόχρονα παρέχει πρόσθετα στοιχεία όπως οι γραφικές παραστάσεις και οι υπολογισμοί μεγεθών. Οι μαθητές μπορούν στον δικό τους προσωπικό ρυθμό να πραγματοποιήσουν το πείραμα, να το διακόψουν, να το επαναλάβουν και να παρατηρήσουν τα αποτελέσματα.

Γ. ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΩΝ

1.8 Πορεία διδασκαλίας

Το σενάριο αυτό μπορεί να πραγματοποιηθεί σε 3 διδακτικές ώρες.

1^η διδακτική ώρα-Φύλλο εργασίας 1 Ισόχωρη μεταβολή

Στη **φάση του προσανατολισμού** η παρουσίαση του θέματος μπορεί να γίνει με συζήτηση στην ολομέλεια γύρω από το πρόβλημα «Αν μία χύτρα με πολύ ισχυρά τοιχώματα, κλεισμένη αεροστεγώς, τοποθετηθεί πάνω σε μία θερμική εστία τι περιμένετε να συμβεί στην πίεση του αερίου που περιέχει;» Η συζήτηση μπορεί να γίνει με ελεύθερο τρόπο όπου κάθε μαθητής μπορεί να παρουσιάσει την άποψή του. Ο διάλογος μπορεί να εμβαθύνει περισσότερο στις ιδέες των μαθητών αν ο εκπαιδευτικός ζητήσει από κάθε μαθητή που εκφράζει την άποψή του να εξηγήσει γιατί πιστεύει αυτό. Όταν ολοκληρωθεί ο κύκλος της συζήτησης κάθε μαθητής ατομικά μπορεί να καταγράψει τη δική του άποψη στο ατομικό φύλλο εργασίας πριν προχωρήσει στο πείραμα (Φύλλο εργασίας 1, ερώτηση 1.1).

Στην **φάση της εννοιολόγησης** ο εκπαιδευτικός στην ολομέλεια παρουσιάζει στοιχεία από τη θεωρία που συνδέονται και με τις προβλέψεις των μαθητών και μπορεί να ζητήσει από αυτούς να διατυπώσουν τη υπόθεση του πειράματος που θα επαλήθευε την αντίστοιχη θεωρία (καθοδηγούμενη διερεύνηση). Η υπόθεση (Φύλλο εργασίας 1, ερώτηση 1.2) είναι ήδη συμπληρωμένη στο φύλλο εργασίας αλλά αυτό μπορεί να γίνει από τους μαθητές αν ο εκπαιδευτικός κρίνει ότι η διατύπωση της υπόθεσης είναι μέσα στο πλαίσιο των δυνατοτήτων

τους. Στη συνέχεια είτε στο πλαίσιο της δυνάδας είτε στην ολομέλεια χαρακτηρίζονται οι μεταβλητές του πειράματος (Φύλλο εργασίας 1, ερώτηση 1.3).

Στη **φάση του πειραματισμού** οι μαθητές καθοδηγούνται να ανοίξουν το λογισμικό και να διαμορφώσουν το περιβάλλον που θα δουλέψουν με βάση τις οδηγίες του φύλλου εργασίας. Για την καλύτερη υποστήριξη μπορεί ο εκπαιδευτικός να επιδεικνύει το κάθε βήμα στον πίνακα και να ζητά από τους μαθητές να ρυθμίσουν τις ανάλογες παραμέτρους στη δική τους οθόνη. Είναι χρήσιμο η ρύθμιση να γίνει από τους ίδιους τους μαθητές έτσι ώστε να γνωρίζουν με σαφήνεια ποια μεγέθη μεταβάλλονται και ποια παραμένουν σταθερά (Φύλλο εργασίας 1, ερώτηση 1.4). Οι δραστηριότητες που ακολουθούν στο φύλλο εργασίας γίνονται στη κάθε δυνάδα με τη βοήθεια του λογισμικού και αναμένεται να ολοκληρωθούν στα πλαίσια μίας διδακτικής ώρας.

Στο τέλος της ώρας γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων στο πίνακα και συζητούνται οι ερωτήσεις που προέκυψαν ως αποτέλεσμα της εμπειρίας που απόκτησαν οι μαθητές. Αν ο χρόνος δεν επαρκεί, προτείνεται να γίνει μέρος των δραστηριοτήτων και να συζητηθούν στην ολομέλεια τα αποτελέσματα του πειράματος (γραφικές παραστάσεις) καθώς και η ερμηνεία τους.

2^η διδακτική ώρα-Φύλλο εργασίας 2 Αδιαβατική μεταβολή

Η εισαγωγή του θέματος μπορεί να γίνει με συζήτηση στην ολομέλεια γύρω από το πρόβλημα «Αν σε μια σύριγγα που περιέχει μία συγκεκριμένη ποσότητα αέρα κλείσουμε το στόμιο και τραβήξουμε απότομα το έμβολο προς τα πάνω, τι περιμένετε να παρατηρήσετε στην πίεση και τη θερμοκρασία του αερίου που περιέχει;» Η συζήτηση μπορεί να γίνει με ελεύθερο τρόπο όπου κάθε μαθητής μπορεί να παρουσιάσει την άποψή του. Ο διάλογος μπορεί να εμβαθύνει περισσότερο στις ιδέες των μαθητών αν ο εκπαιδευτικός να ζητήσει από κάθε μαθητή που εκφράζει την άποψή του να εξηγήσει γιατί πιστεύει αυτό. Όταν ολοκληρωθεί ο κύκλος της συζήτησης κάθε μαθητής ατομικά μπορεί να καταγράψει την δική του άποψη στο ατομικό φύλλο εργασίας πριν προχωρήσει στο πείραμα (Φύλλο εργασίας 2, ερώτηση 2.1).

Ο εκπαιδευτικός στην ολομέλεια παρουσιάζει στοιχεία από την θεωρία που συνδέονται και με τις προβλέψεις των μαθητών και μπορεί να ζητήσει από αυτούς να διατυπώσουν τη υπόθεση του πειράματος που θα επαλήθευε την αντίστοιχη θεωρία. Η υπόθεση (Φύλλο εργασίας 2, ερώτηση 2.2) είναι ήδη συμπληρωμένη στο φύλλο εργασίας αλλά αυτό μπορεί να γίνει από τους μαθητές αν ο εκπαιδευτικός κρίνει ότι η διατύπωση της υπόθεσης είναι μέσα στο πλαίσιο των δυνατοτήτων τους. Στη συνέχεια είτε στο πλαίσιο της δυνάδας είτε στην ολομέλεια χαρακτηρίζονται οι μεταβλητές του πειράματος (Φύλλο εργασίας 2, ερώτηση 2.3).

Οι μαθητές καθοδηγούνται να ανοίξουν το λογισμικό και να διαμορφώσουν το περιβάλλον που θα δουλέψουν με βάση τις οδηγίες του φύλλου εργασίας (Φύλλο εργασίας 2, ερώτηση 2.4).

Οι δραστηριότητες που ακολουθούν στο φύλλο εργασίας γίνονται στην κάθε δυνάδα με τη βοήθεια του λογισμικού και αναμένεται να ολοκληρωθούν στο πλαίσιο μίας διδακτικής ώρας. Στο τέλος της ώρας γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων στο πίνακα και ζητούνται οι ερωτήσεις που προέκυψαν ως αποτέλεσμα της εμπειρίας που απόκτησαν οι μαθητές. Αν ο χρόνος δεν επαρκεί, προτείνεται να γίνει μέρος των δραστηριοτήτων και να συζητηθούν στην ολομέλεια τα αποτελέσματα του πειράματος (γραφικές παραστάσεις) καθώς και η ερμηνεία τους.

3^η διδακτική ώρα Φύλλο εργασίας 3-Κύκλος Otto

Στο τρίτο φύλλο εργασίας οι μαθητές καλούνται να αναγνωρίσουν τις μεταβολές που μελέτησαν στα προηγούμενα μαθήματα σε μία μηχανή. Με τη βοήθεια των προτεινόμενων βίντεο παρουσιάζεται η λειτουργία του κινητήρα Otto, αναγνωρίζονται τα στάδια της διαδικασίας καθώς και η γραφική τους αναπαράσταση. Μέσα από αυτήν τη διαδικασία χαρακτηρίζονται οι

μεταβολές ως ισόχωρες ή αδιαβατικές. Με τη βοήθεια της προσομοίωσης οι μαθητές καλούνται να επαναλάβουν τον κύκλο με τις προτεινόμενες συνθήκες. Οι διαδικασίες 2-3 και 4-1 είναι ισόχωρες (τοιχώματα θερμοαγώγιμα -κόκκινο) και 1-2 και 3-4 αδιαβατικές (τοιχώματα αδιαβατικά - μαύρο). Μπορεί προαιρετικά να τους ζητηθεί να σχεδιάσουν δικούς τους κύκλους με τη βοήθεια του λογισμικού.

Ο σχεδιασμός μπορεί να γίνει με τη βοήθεια πειραματισμών. Καθορίστε μία αρχική ποσότητα από κάποιο αέριο (1-2 moles). Επιλέξτε δύο θερμοκρασίες ανάμεσα στο 200° K και 500° K και πραγματοποιήστε δυο αδιαβατικές μεταβολές. Στο τέλος κάθε αδιαβατικής πατήστε το Stop. Είναι απαραίτητο να υπάρχουν τα διαγράμματα πίεσης όγκου και όγκου -θερμοκρασίας. Στη συνέχεια επιλέξτε μία τιμή όγκου, ελέγξτε τις θερμοκρασίες των αδιαβατικών καμπυλών για τις τιμές όγκου και πραγματοποιήστε δύο ισόχωρες. Ελέγξτε στα διαγράμματα για τις τιμές που τέμνονται του τέσσερις μεταβολές. Αυτές είναι οι αντίστοιχες συνθήκες 1,2,3,4. Συμβουλευτείτε τις γραφικές παραστάσεις για να σημειώσετε τις τιμές πίεσης, θερμοκρασίας, όγκου σε ένα πίνακα.

1.9 Βιβλιογραφία

Arons, A. B. (1990). Οδηγός Διδασκαλίας της Φυσικής. Εκδόσεις Τροχαλία, Αθήνα

Καριώτογλου Π (2009) Περιεχόμενο και μέθοδος προσέγγισης των Φυσικών Επιστημών στην Προσχολική και Πρώτη Σχολική ηλικία. Η Διδακτική των Θετικών Επιστημών στην Εκπαίδευση: δημιουργώντας γέφυρες επικοινωνίας ανάμεσα στο Νηπιαγωγείο, το Δημοτικό, το Γυμνάσιο, Θεσσαλονίκη, Στο Σ. Γρόσδος (Επ. 2009). Ηλεκτρονικά πρακτικά συνεδρίου διαθέσιμο https://www.researchgate.net/publication/280776623_Periechomeno_kai_methodos_prosengises_ton_Physikon_Epistemon_sten_Proscholike_kai_Prote_Scholike_elikia (τελευταία πρόσβαση 12/1/2019)

Κασσέτας, Α. (1996) Το μακρόν Φυσική προ του βραχέος διδάσκω, εκδ. Σαββάλας

Σκουμιός Μ. Χατζηνικήτα, Β. (2000). Μοντέλα μαθητών για την θερμότητα, θερμοκρασία και θερμικά φαινόμενα. Επιθεώρηση Φυσικής 2000. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: http://www.pre.aegean.gr/lab-fe/downloads/articles/SKOUMIOS_XATZHN.pdf

Σμυρναίου. Ζ. 2014 «Διδακτική της Χημείας. Θεωρίες Μάθησης στη Διδακτική της Χημείας». Έκδοση: 1.0. Αθήνα 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση: <http://opencourses.uoa.gr/courses/CHEM108/>

Ματσαγγούρας, Η. (2000). Ομαδοσυνεργατική διδασκαλία και μάθηση. *Αθήνα: Γρηγόρης*.

Δ. Φύλλα Εργασίας

1.10 Φύλλο εργασίας 1

Θερμοδυναμικές μεταβολές τέλειων αερίων- Ισόχωρη μεταβολή

1.1 Το πρόβλημα

«Αν μία χύτρα με πολύ ισχυρά τοιχώματα, κλεισμένη αεροστεγώς, τοποθετηθεί πάνω σε μία θερμική εστία τι περιμένετε να συμβεί στην πίεση του αερίου που περιέχει;» Γράψε την άποψή σου.

.....

.....

Στοιχεία θεωρίας

Ο Charles το 1787 διατύπωσε ένα νόμο σύμφωνα με τον οποίο:

Η πίεση ορισμένης μάζας τέλειου αερίου, υπό σταθερό όγκο είναι ανάλογη της θερμοκρασίας του.

Μια τέτοια μεταβολή που πραγματοποιείται υπό σταθερό όγκο ονομάζεται *ισόχωρη* (σταθερός χώρος).

Για να επιβεβαιώσετε τον παραπάνω νόμο θα πραγματοποιήσετε ένα εικονικό πείραμα με τη βοήθεια του εικονικού εργαστηρίου Σ.Ε.Π.

Για να πραγματοποιηθεί πειραματικά μια ισόχωρη μεταβολή σε μία συγκριμένη ποσότητα αερίου το δοχείο που το περιβάλλει πρέπει να είναι σταθερού όγκου (ανένδοτα τοιχώματα). Μικρές ποσότητες θερμότητας προσφέρονται ή αφαιρούνται διαδοχικά έτσι ώστε τα μεγέθη πίεσης και θερμοκρασίας να είναι ίδια σε όλη την έκταση του αερίου (αέριο σε κατάσταση ισορροπίας). Αυτό έχει σαν συνέπεια την μεταβολή της πίεσης εντός του δοχείου και της θερμοκρασίας.

1.2 Υπόθεση

Αν σε ένα αέριο σταθερής μάζας και όγκου αυξηθεί η θερμοκρασία τότε θα αυξηθεί ανάλογα και η πίεση του αερίου.

1.3 Σχεδιασμός πειράματος

Στο περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου Σ.Ε.Π. θα πειραματιστείτε με τη βοήθεια ενός κυλίνδρου σταθερού όγκου. Στο πείραμα αυτό

1.3Α Ποιες από τις παρακάτω μεταβλητές θα διατηρήσετε σταθερές (ελεγχόμενες μεταβλητές); Επιλέξτε.

A) Ποσότητα (moles) αερίου

Γ) Πίεση

B) Όγκο

Δ) Θερμοκρασία

1.3Β Ποια από τις παρακάτω μεταβλητές θα μεταβάλλετε εσείς (ανεξάρτητη μεταβλητή); Επιλέξτε.

A) Ποσότητα (moles) αερίου

Γ) Πίεση

B) Όγκο

Δ) Θερμοκρασία

1.3Γ. Ποια από τις παρακάτω μεταβλητές θα μετρήσετε (εξαρτημένη μεταβλητή); Επιλέξτε.

A) Ποσότητα (moles) αερίου

Γ) Πίεση

B) Όγκο

Δ) Θερμοκρασία

1.4α Σχεδιασμός πειράματος

Για να ελεγχθεί αυτή η υπόθεση θα πρέπει να πραγματοποιήσετε στο εργαστήριο ένα πείραμα κατά το οποίο:

Σε ένα δοχείο σταθερού όγκου τοποθετείτε συγκεκριμένη ποσότητα αερίου.

Το δοχείο θερμαίνεται με αργό ρυθμό.

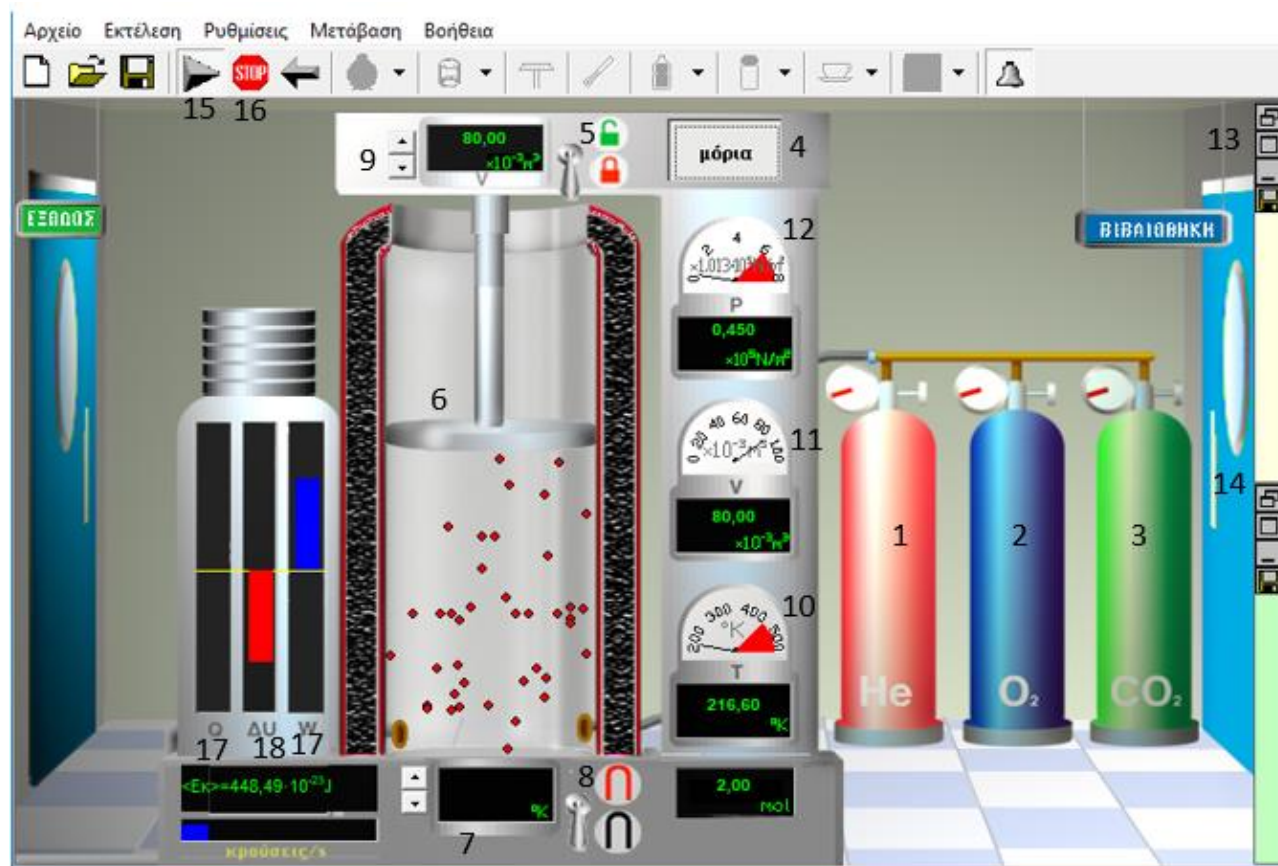
Για να μελετηθεί η σχέση της θερμοκρασίας με την πίεση θα πρέπει συλλέξετε τιμές της πίεσης του αερίου για συγκριμένες τιμές της θερμοκρασίας.

Για να ελεγχθεί η αναλογία των παραπάνω μεγεθών μπορείτε να δείτε τη γραφική παράσταση που σας δίνει το λογισμικό ή να ελέγξετε το λόγο P/T .

1.4β Οδηγίες ρύθμισης περιβάλλοντος

Για το πείραμα αυτό θα χρησιμοποιήσετε το εικονικό εργαστήριο Σ.Ε.Π. Θα πειραματιστείτε με αέριο ήλιο (He) το οποίο για τις ανάγκες της άσκησης αυτής θα θεωρηθεί τέλειο αέριο. Για το λόγο αυτό θα χρειαστεί να ρυθμίσετε ανάλογα το περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου. Ακολουθήστε τις οδηγίες.

Βήμα 1: Ανοίξτε το λογισμικό Σ.Ε.Π.. Η εικόνα της οθόνης σας είναι περίπου η ακόλουθη:



Βήμα 2: Στο περιβάλλον αυτό τα τοιχώματα του δοχείου (6) είναι θερμικά αγωγίμα (κόκκινο χρώμα).

Βήμα 3: Κάντε κλικ στη φιάλη He (1) και το πλαίσιο που θα εμφανιστεί πληκτρολογήστε 2 για να εισάγεται 2 moles He. Πατώντας το κουμπί 'μόρια' (4) μέσα στο δοχείο θα προστεθεί η εικόνα μικρών κόκκινων σφαιριδίων που αντιπροσωπεύουν τα μόρια.

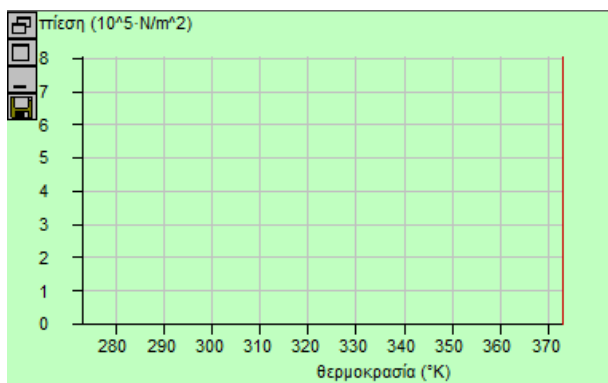
Βήμα 4: Κάντε κλικ στο μοχλό δίπλα στο κουμπί 'μόρια'(5) για να κλειδώσετε τον όγκο του δοχείου (μοχλός κάτω).

Βήμα 5: Με τα κουμπιά δεξιά (μεγιστοποίησης και ελαχιστοποίησης) να προσθέσετε τις γραφικές παραστάσεις πίεσης -θερμοκρασίας (13 επάνω) πίεσης- όγκου (14 κάτω). Για να επιλέξετε μεγέθη σε κάθε άξονα κάντε διπλό κλικ στον κενό χώρο δίπλα σε κάθε άξονα. Δεν χρειάζεται άλλη ρύθμιση της κλίμακας βαθμολόγησης των αξόνων γιατί αυτή γίνεται αυτόματα. Οι γραφικές παραστάσεις μπορούν να ελαχιστοποιούνται και να επαναφέρονται ενώ πραγματοποιείται το πείραμα.

Βήμα 6: Κάντε κλικ στο πλαίσιο καθορισμού θερμοκρασίας (7) για να ορίσετε την αρχική θερμοκρασία 200° K.

1.5 Πρόβλεψη

1.5A Αν ισχύει η υπόθεση που έχετε κάνει πως περιμένετε να είναι η μορφή της γραφικής παράστασης Πίεσης -Θερμοκρασίας. Να συμπληρώσετε τις προβλέψεις σας στα παρακάτω χώρο.



1.5B Αν η πίεση και η θερμοκρασία είναι ποσά ανάλογα τότε τι περιμένετε να συμβεί στο πηλίκο P/T για τα ζεύγη των τιμών που θα προκύψουν από το πείραμα;

.....

.....

1.6 Πραγματοποίηση πειράματος

Αν έχετε ρυθμίσει τις αρχικές συνθήκες του πειράματος τότε στο περιβάλλον θα εμφανίζονται τα παρακάτω:

Ποσότητα αερίου : 2 moles ηλίου
 Σταθερός όγκος: $48,05 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
 Αρχική θερμοκρασία: 200° K
 Αρχική πίεση: $0,691 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

Στο πείραμα που θα πραγματοποιήσετε θα μεταβάλλετε τη θερμοκρασία και θα καταγράψετε την πίεση που ασκεί το αέριο στα τοιχώματα του δοχείου.

Βήμα 7: Πιέστε το κουμπί «εκτέλεση πειράματος» (το βελάκι που δείχνει προς τα δεξιά) στη γραμμή εργαλείων (15).

Βήμα 8: Αυξήστε τη θερμοκρασία σε 250° K κάνοντας κλικ στο πλαίσιο καθορισμού θερμοκρασίας και συμπληρώστε την τιμή που σας δίνει ο μετρητής πίεσης (12) στη στήλη της πίεσης (στήλη 3) του πίνακα.

Βήμα 9: Επαναλάβετε το βήμα 8 και για τις υπόλοιπες τιμές του πίνακα.

Βήμα 10: Να υπολογίσετε το πηλίκο P/T και να συμπληρώσετε την 4^η στήλη του πίνακα.

A/A	T ($^\circ \text{ K}$)	P (N/m^2)	P/T ($\text{N/}^\circ \text{ K} \cdot \text{m}^2$)
1	200	$0,691 \cdot 10^5$	0,00345
2	250		
3	300		
4	350		
5	400		

1.7 Συμπεράσματα

1.7A Τι παρατηρείτε στις τιμές του πηλίκου P/T ; Τι συμπεραίνετε για τη σχέση των μεγεθών πίεσης και θερμοκρασίας;

.....

.....

1.7B Μελετήστε τη γραφική παράσταση πίεση – θερμοκρασία. Ποια είναι η μορφή της; Τι δείχνει αυτό για τη σχέση των παραπάνω μεγεθών.

.....

1.7Γ Μελετήστε τη γραφική παράσταση πίεσης - όγκου. Η μορφή της είναι ευθεία γραφή παράλληλη στο άξονα της πίεσης. Γιατί συμβαίνει αυτό;

.....

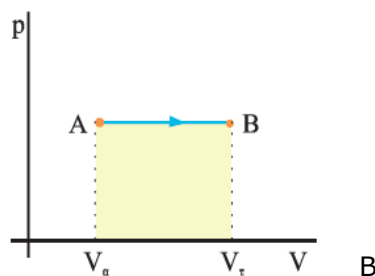
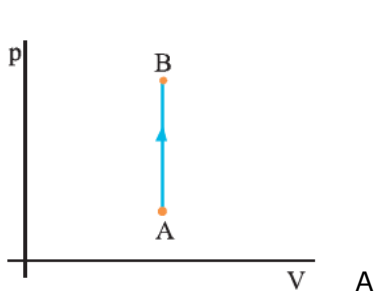
1.8 Συμπεράσματα

Η θερμοδυναμική μεταβολή τέλειου αερίου κατά την οποία η ποσότητα και ο όγκος του αερίου παραμένει σταθερός ονομάζεται

Οι εξισώσεις είναι **$V=\text{σταθερό}$** και **$P/T=\text{σταθερό}$**

Κατά τη διάρκεια θέρμανσης ενός δοχείου σταθερού όγκου, η πίεση στα τοιχώματα του δοχείου

Η γραφική παράσταση πίεσης-όγκου δίνεται από την γραφική παράσταση
 (επιλέξτε από τις παρακάτω)



1.11 Φύλλο εργασίας 2

Θερμοδυναμικές μεταβολές τέλειων αερίων- Αδιαβατική μεταβολή

2.1 Πρόβλημα

«Αν σε μια σύριγγα που περιέχει μία συγκεκριμένη ποσότητα αέρα κλείσουμε το στόμιο και τραβήξουμε απότομα το έμβολο προς τα πάνω, τι περιμένετε να παρατηρήσετε στην πίεση και τη θερμοκρασία του αερίου που περιέχει;» Γράψτε την άποψη σας.

.....

.....

Στοιχεία θεωρία

Αδιαβατική ονομάζεται εκείνη η μεταβολή της κατάστασης ορισμένης ποσότητας αερίου κατά την οποία δεν γίνεται καμία ανταλλαγή θερμότητας ανάμεσα στο αέριο και το περιβάλλον.

Ο Poisson διατύπωσε ένα νόμο σύμφωνα με τον οποίο κατά την αδιαβατική μεταβολή ισχύει η σχέση $P \cdot V^\gamma = \text{σταθερό}$ όπου $\gamma = C_p / C_v$.

Για να επιβεβαιώσετε τον παραπάνω νόμο θα πραγματοποιήσετε ένα εικονικό πείραμα με τη βοήθεια του εικονικού εργαστηρίου Σ.Ε.Π.

Για να πραγματοποιηθεί πειραματικά μια αδιαβατική μεταβολή μία συγκεκριμένη ποσότητα αερίου τοποθετείται σε δοχείο του οποίου τα τοιχώματα είναι θερμικοί μονωτές (αδιαβατικά τοιχώματα) και κάποιο από τα τοιχώματά του μπορεί να κινείται (έμβολο). Αν το έμβολο κινηθεί γρήγορα έτσι ώστε να αυξηθεί ο όγκος του δοχείου (εκτόνωση) τότε θα παρατηρηθεί μεταβολή τόσο στην πίεση όσο και στην θερμοκρασία του αερίου. Το ίδιο θα συμβεί αν γίνει απότομη μείωση του όγκου του δοχείου (συμπύεση).

2.2 Υπόθεση

Αν σε ένα αέριο σταθερής μάζας το οποίο είναι τοποθετημένο σε θερμικά μονωμένο δοχείο αυξηθεί ο όγκος τότε αναμένεται να μειωθεί η πίεση και η θερμοκρασία.

2.3 Σχεδιασμός πειράματος

Στο περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου Σ.Ε.Π. θα πειραματιστείτε με τη βοήθεια ενός κυλίνδρου με κινητό έμβολο. Στο πείραμα αυτό:

2.3Α Ποιες από τις παρακάτω μεταβλητές θα διατηρήσετε σταθερές (ελεγχόμενες μεταβλητές); Επιλέξτε.

A) Ποσότητα (moles) αερίου

Γ) Πίεση

B) Όγκο

Δ) Θερμοκρασία

2.3Β Ποια από τις παρακάτω μεταβλητές θα μεταβάλλετε εσείς (ανεξάρτητη μεταβλητή); Επιλέξτε.

A) Ποσότητα (moles) αερίου

Γ) Πίεση

B) Όγκο

Δ) Θερμοκρασία

2.3Γ. Ποιες από τις παρακάτω μεταβλητές θα μετρήσετε (εξαρτημένη μεταβλητή); Επιλέξτε.

A) Ποσότητα (moles) αερίου

Γ) Πίεση

Β) Όγκο

Δ) Θερμοκρασία

2.4α Σχεδιασμός πειράματος

Για να ελεγχθεί αυτή η υπόθεση θα πρέπει να πραγματοποιήσετε στο εργαστήριο ένα πείραμα κατά το οποίο:

Σε ένα μονωμένο θερμικά δοχείο μεταβλητού όγκου εσείς τοποθετείτε συγκεκριμένη ποσότητα αερίου.

Μεταβάλετε τον όγκο του δοχείου.

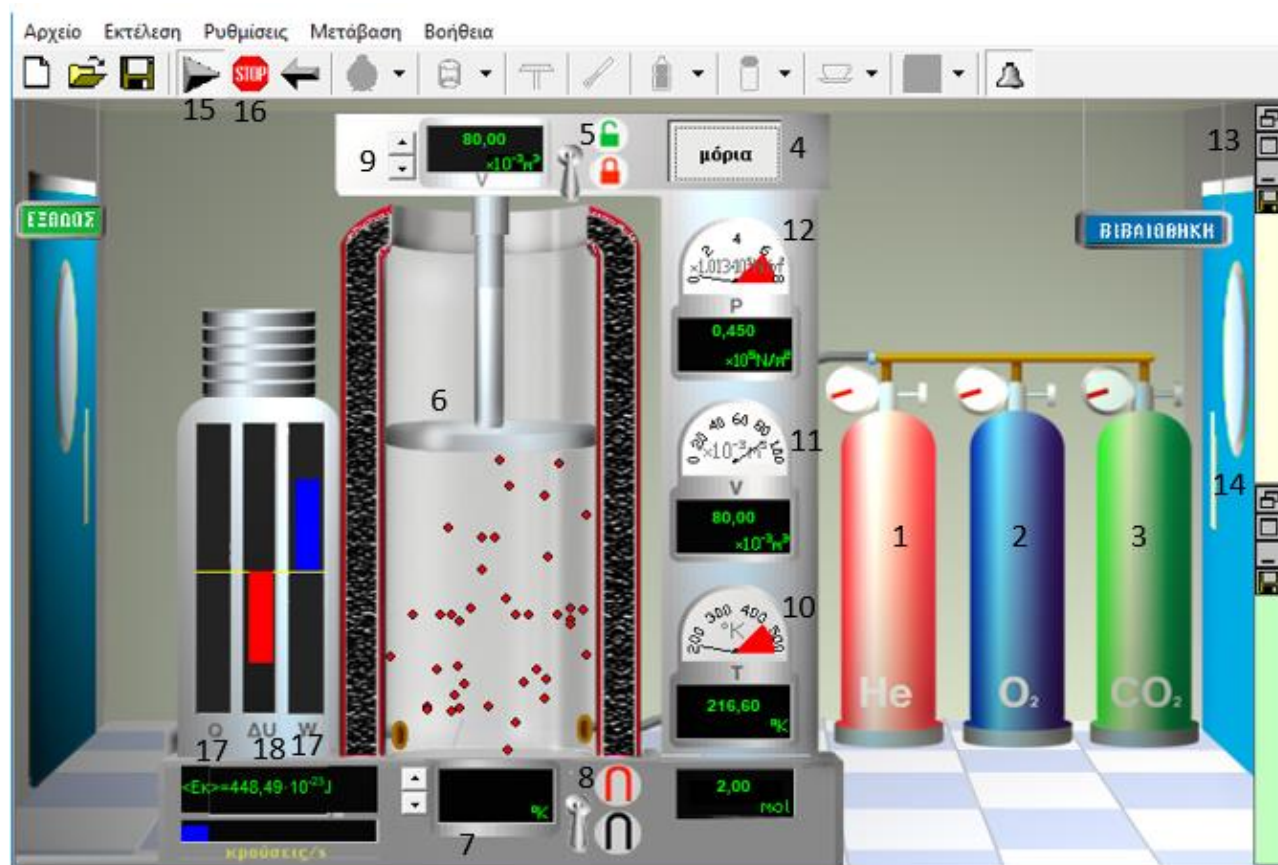
Για να μελετηθεί η σχέση της μεταβολής του όγκου με τις μεταβολές θερμοκρασίας και της πίεσης θα πρέπει συλλέξετε τιμές της πίεσης και της θερμοκρασίας του αερίου για συγκεκριμένες τιμές του όγκου.

Για να ελεγχθεί η υπόθεση θα πρέπει η γραμμή στο διάγραμμα της πίεσης-όγκου να είναι φθίνουσα.

2.4β Οδηγίες ρύθμισης περιβάλλοντος

Για το πείραμα αυτό θα χρησιμοποιήσετε το εικονικό εργαστήριο Σ.Ε.Π. Θα πειραματιστείτε με αέριο ήλιο (He) το οποίο για τις ανάγκες της άσκησης αυτής θα θεωρηθεί τέλειο αέριο. Για το λόγο αυτό θα χρειαστεί να ρυθμίσετε ανάλογα το περιβάλλον του εικονικού εργαστηρίου. Ακολουθήστε τις οδηγίες.

Βήμα 1: Ανοίξτε το λογισμικό Σ.Ε.Π.. Η εικόνα της οθόνης σας είναι περίπου η ακόλουθη:



Βήμα 2: Κάντε κλικ στη φιάλη He (1) και το πλαίσιο που θα εμφανιστεί πληκτρολογήστε 2 για να εισάγεται 2 moles He. Πατώντας το κουμπί 'μόρια' (4) μέσα στο δοχείο θα προστεθεί η εικόνα μικρών κόκκινων σφαιριδίων που αντιπροσωπεύουν τα μόρια.

Βήμα 3: Κάντε κλικ στο μοχλό δίπλα στο κουμπί 'μόρια'(5) για να κλειδώσετε τον όγκο του δοχείου (μοχλός κάτω).

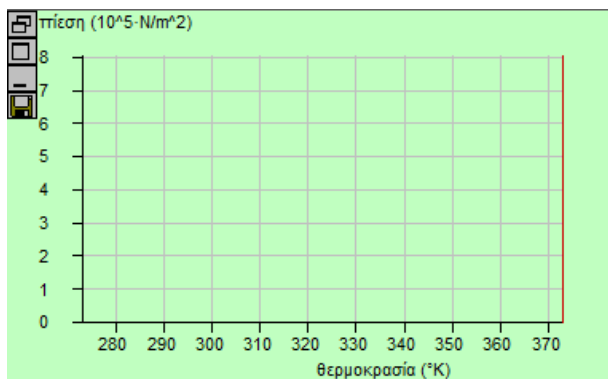
Βήμα 4: Κάντε κλικ στο πλαίσιο καθορισμού θερμοκρασίας (7) για να ορίσετε την αρχική θερμοκρασία στους 300° K.

Βήμα 5: Κάντε κλικ στο μοχλό (6) για να μετατρέψετε στα τοιχώματα του δοχείου σε αδιαβατικά (μαύρο χρώμα).

Βήμα 6: Με τα κουμπιά δεξιά (μεγιστοποίησης και ελαχιστοποίησης) να προσθέσετε τις γραφικές παραστάσεις πίεσης -θερμοκρασίας (13 επάνω) πίεσης- όγκου (14 κάτω). Για να επιλέξετε μεγέθη σε κάθε άξονα κάντε διπλό κλικ στον κενό χώρο δίπλα σε κάθε άξονα. Δεν χρειάζεται άλλη ρύθμιση της κλίμακας βαθμολόγησης των αξόνων γιατί αυτή γίνεται αυτόματα. Οι γραφικές παραστάσεις μπορούν να ελαχιστοποιούνται και να επαναφέρονται ενώ πραγματοποιείται το πείραμα.

2.5 Πρόβλεψη

Αν ισχύει η υπόθεση που έχετε κάνει πως περιμένετε να είναι η μορφή της γραφικής παράστασης Πίεσης -Θερμοκρασίας. Να συμπληρώσετε τις προβλέψεις σας στα παρακάτω χώρο.



2.6 Πραγματοποίηση πειράματος

Αν έχετε ρυθμίσει τις αρχικές συνθήκες του πειράματος τότε στο περιβάλλον θα εμφανίζονται τα παρακάτω:

Ποσότητα αερίου : 2 moles ηλίου
Σταθερός όγκος: $48,05 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$
Αρχική θερμοκρασία: 300° K
Αρχική πίεση: $1,032 \cdot 10^5 \text{ N/m}^2$

Στο πείραμα που θα πραγματοποιήσετε θα μεταβάλλετε τον όγκο του αερίου και θα καταγράψετε την πίεση που ασκεί το αέριο στα τοιχώματα του δοχείου και τη θερμοκρασία.

Βήμα 7: Πιέστε το κουμπί «εκτέλεση πειράματος» (το βελάκι που δείχνει προς τα δεξιά) στη γραμμή εργαλείων (15).

Βήμα 8: Αυξήστε το όγκο σε $60 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3$ κάνοντας κλικ στο πλαίσιο καθορισμού όγκου (9) και συμπληρώστε την τιμή που σας δίνει ο μετρητής πίεσης (12) στη στήλη της πίεσης (στήλη 3) του πίνακα και της θερμοκρασίας (στήλη 4).

Βήμα 9: Επαναλάβετε το βήμα 8 και για τις υπόλοιπες τιμές του πίνακα.

Βήμα 10: Να υπολογίσετε το γινόμενο $P \cdot V^\gamma$ και να συμπληρώσετε την 5^η στήλη του πίνακα. Για το πείραμα αυτό στις συνθήκες που μελετάμε το $\gamma = C_p/C_v = 1,67$.

A/A	V (m ³)	P (N/m ²)	T (°K)	$P \cdot V^\gamma$
1	$48,05 \cdot 10^{-3}$	$1,032 \cdot 10^5$	300	678,22
2	$60 \cdot 10^{-3}$			
3	$70 \cdot 10^{-3}$			
4	$80 \cdot 10^{-3}$			

2.7 Συμπεράσματα

2.7Α Τι παρατηρείτε στις τιμές του γινόμενου $P \cdot V^\gamma$; Ισχύει ο νόμος του Poisson

.....

.....

2.7Β Πως μεταβάλλεται η πίεση καθώς ο όγκος αυξάνει;

.....

.....

2.7Γ Πως μεταβάλλεται η θερμοκρασία καθώς ο όγκος αυξάνει;

.....

.....

2.8 Συμπεράσματα

Μια απότομη μεταβολή του όγκου ενός αερίου μπορεί να θεωρηθεί ως μεταβολή.

Η εξίσωση που περιγράφει μία τέτοια μεταβολή διατυπώθηκε από τον και είναι $P \cdot V^\gamma = \text{σταθερό}$ όπου $\gamma = C_p/C_v$.

Κατά τη διάρκεια της αδιαβατικής εκτόνωσης του αερίου ο όγκος του αυξάνει, η πίεση και η θερμοκρασίας του μειώνεται.

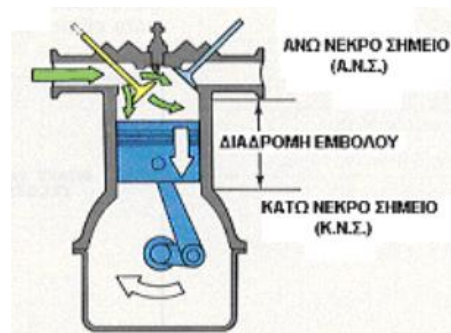
Κατά τη διάρκεια της αδιαβατικής συμπίεσης του αερίου ο όγκος του μειώνεται, η πίεση αυξάνει και η θερμοκρασία του

1.12 Φύλλο εργασίας 3

Θερμοδυναμικές μεταβολές τέλειων αερίων- Κύκλος του Otto

Στοιχεία θεωρίας

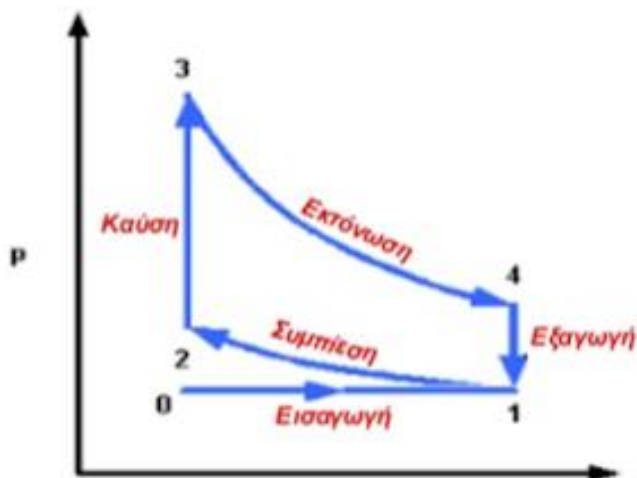
Από τους πιο διαδεδομένους κινητήρες στις μέρες μας είναι ο τετράχρονος βενζινοκινητήρας ή αλλιώς κινητήρας Otto. Σε έναν κινητήρα Otto, χρόνος καλείται η διαδρομή που εκτελεί το έμβολο μεταξύ του Άνω Νεκρού Σημείου (Α.Ν.Σ.) και του Κάτω Νεκρού Σημείου (Κ.Ν.Σ.). Ονομάζεται τετράχρονος διότι ο κάθε κύλινδρος εκτελεί ένα πλήρη θερμικό κύκλο σε τέσσερις φάσεις (χρόνους). Αναλυτικότερα:



0-1 Χρόνος Εισαγωγής: Κατά τον χρόνο εισαγωγής η βαλβίδα εισόδου είναι ανοικτή, το έμβολο κινείται από το ανώτατο προς το κατώτατο σημείο. Στο κενό που δημιουργείται εισέρχεται με αναρρόφηση μίγμα ατμών βενζίνης και αέρα.

1-2 Χρόνος Συμπίεσης: Το μίγμα συμπιέζεται καθώς το έμβολο ανέρχεται. Οι βαλβίδες είναι κλειστές. Με το τέλος του χρόνου αυτού, το μίγμα αναφλέγεται με τη βοήθεια ηλεκτρικού σπινθήρα.

2-3-4 Χρόνος Καύσης – Εκτόνωσης: Κατά το χρόνο αυτό οι βαλβίδες παραμένουν κλειστές. Κατά τη διαδρομή 2-3 θεωρείται ότι ολοκληρώνεται η ανάφλεξη και η καύση του μίγματος αέρα – καυσίμου. Τα καυσαέρια που δημιουργούνται από την καύση πιέζουν την κεφαλή του εμβόλου και το αναγκάζουν να κινηθεί προς το ΚΝΣ (3-4).



4-5 Χρόνος Εξαγωγής: Κατά το χρόνο εξαγωγής, το έμβολο ανεβαίνει, βαλβίδα εξόδου είναι ανοικτή και τα προϊόντα της καύσης να εξέλθουν.

Παρακολουθήστε τη λειτουργία του κινητήρα

στο ιστολόγιο Ασκήσεις Φυσικής και όχι μόνο

<https://blogs.sch.gr/andriz/2015/01/22/%CE%BC%CE%B7%CF%87%CE%B1%CE%BD%CE%B7-otto/> ή

στην ιστοσελίδα του Eduardo Stefanelli <https://www.stefanelli.eng.br/ciclo-otto-motor-quatro-tempos/> ή

στη σελίδα της κοινότητας του Geogebra

<https://www.geogebra.org/m/fmhfXxu9#material/fCHTs4R>

3.1 Δείτε το διάγραμμα της πίεσης – όγκου του θερμικού κύκλου Otto για τέλειο αέριο και αναγνωρίστε ποιες διεργασίες είναι αδιαβατικές και ποιες ισόχωρες.

Μεταβολή	Είδος μεταβολής (ισόχωρη ή αδιαβατική)
1-2	
2-3	
3-4	
4-1	

3.2 Μπορείτε να προσομοιώσετε τις μεταβολές του κύκλου Otto και με τη βοήθεια του εικονικού εργαστηρίου θερμοδυναμικής.

Ανοίξτε το λογισμικό Σ.Ε.Π. Χρησιμοποιήστε τις παρακάτω συνθήκες για συγκεκριμένη ποσότητα αερίου ίση με 2 moles αερίου He και πραγματοποιήστε τις κατάλληλες μεταβολές (ισόχωρες ή αδιαβατικές)/

Σημείο	V (m ³)	P (N/m ²)	T (°K)
1	45·10 ³	1,079 10 ⁵	292,27
2	30·10 ³	2,124 10 ⁵	383,50
3	30·10 ³	2,658 10 ⁵	480
4	45·10 ³	1,351 10 ⁵	365,81
1	45·10 ³	1,079 10 ⁵	292,27

3.3 Σχεδιάστε στο χώρο που ακολουθεί το διάγραμμα πίεσης – όγκου σημειώνοντας και τους αριθμούς 1, 2,3,4.

Το παρόν σενάριο περιλαμβάνεται στο επιμορφωτικό υλικό της εκπαίδευσης επιμορφωτών Β' επιπέδου ΤΠΕ στα ΠΑΚΕ (Συστάδα 9: Εκπαιδευτικοί Μηχανικοί), όπως αναπτύχθηκε/προσαρμόστηκε και αξιοποιήθηκε στο πλαίσιο της Πράξης «Επιμόρφωση εκπαιδευτικών για την αξιοποίηση και εφαρμογή των ψηφιακών τεχνολογιών στη διδακτική πράξη (Επιμόρφωση Β' επιπέδου ΤΠΕ)», <http://e-pimorfosi.cti.gr>, του Ε.Π. «Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού – Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση», ΕΣΠΑ 2014-2020, με τελικό δικαιούχο το ΙΤΥΕ «Διόφαντος».

Το επιμορφωτικό υλικό αποτελεί ιδιοκτησία του ΥΠΑΙΘ και καλύπτεται από την ισχύουσα νομοθεσία για την προστασία των πνευματικών δικαιωμάτων των δημιουργών. Διατέθηκε μέσω της ειδικής πλατφόρμας ηλεκτρονικής μάθησης της παραπάνω Πράξης (moodle), ενώ την ευθύνη ανάπτυξής του είχε συγγραφική ομάδα εξειδικευμένων εκπαιδευτικών, με επιστημονική υπεύθυνη την κ. Κυπαρισσία Παπανικολάου, Καθηγήτρια στην Ανώτατη Σχολή Παιδαγωγικής και Τεχνολογικής Εκπαίδευσης (ΑΣΠΑΙΤΕ), στο Παιδαγωγικό Τμήμα.



Επιχειρησιακό Πρόγραμμα
Ανάπτυξη Ανθρώπινου Δυναμικού,
Εκπαίδευση και Διά Βίου Μάθηση
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης

