

«Νόμοι Αερίων και Πρώτος Θερμοδυναμικός Νόμος με χρήση διαδικτυακών προσομοιώσεων (Applet)»

Μαλάμου Σεβαστή¹, Μαλάμου Κωνσταντίνα²

¹ Φυσικός, ΓΕΛ Πάργας
smalamou@gmail.com

² Χημικός, Πρότυπο Γυμνάσιο Ζωσιμαίας Σχολής Ιωαννίνων
nmalamou@gmail.com

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα διδακτική παρέμβαση γίνεται μια διαφορετική προσέγγιση των Νόμων των Αερίων και του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου κάνοντας χρήση διαδικτυακών προσομοιώσεων (Applet). Το σενάριο απευθύνεται σε μαθητές Β' Λυκείου, Θετικού Προσανατολισμού. Η Θερμοδυναμική είναι εν γένει μια σύνθετη γνωστική περιοχή για τους μαθητές. Η δυσκολία στην υλοποίηση πραγματικών πειραμάτων, είτε λόγω εξοπλισμού, είτε λόγω έλλειψης χρόνου, δυσχεραίνει ακόμη περισσότερο την κατανόηση αυτής της ενότητας. Επιπλέον, ο συνδυασμός μακροσκοπικών και μικροσκοπικών μεγεθών είναι αναγκαίος για την επεξήγηση των φαινομένων. Γι' αυτό το λόγο η χρήση προσομοιώσεων στην ενότητα της Θερμοδυναμικής μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση των Νόμων των Αερίων, την εφαρμογή του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου σε κάθε μια από τις μεταβολές των αερίων, στο σχεδιασμό γραφικών παραστάσεων, καθώς και στην ταυτόχρονη μελέτη μικροσκοπικών και μακροσκοπικών μεγεθών. Οι διαδικτυακές προσομοιώσεις, οι οποίες είναι ελεύθερες στο διαδίκτυο, δίνουν τη δυνατότητα υλοποίησης εικονικών πειραμάτων πολύ γρήγορα, χωρίς να χρειάζεται η αγορά ή προμήθεια λογισμικού, χωρίς να απαιτείται χρόνος για την εγκατάσταση του λογισμικού, απαιτεί απλά και μόνο διασύνδεση στο διαδίκτυο. Μάλιστα η διαδικτυακή προσομοίωση που χρησιμοποιείται στην παρούσα πρόταση διδασκαλίας μπορεί να λειτουργήσει χωρίς να είναι απαραίτητη η σύνδεση στο διαδίκτυο. Τέλος, δίνεται η δυνατότητα οι μαθητές από το σπίτι να επαναλάβουν τμήμα ή ολόκληρο το φύλλο εργασίας.

ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: διαδικτυακές προσομοιώσεις, θερμοδυναμική, νόμοι αερίων, πρώτος θερμοδυναμικός νόμος

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με το Πρόγραμμα Σπουδών του μαθήματος της Φυσικής ομάδας προσανατολισμού Θετικών Σπουδών της Β' Τάξης Γενικού Λυκείου (Υπουργείο Παιδείας, 2015) καθώς και τις Οδηγίες για τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Υπουργείο Παιδείας, 2017) κύριος στόχος είναι η διαμόρφωση μελλοντικών πολιτών με γνώση των αρχών και των νόμων που διέπουν το φυσικό κόσμο, την κατανόηση των φυσικών φαινομένων καθώς και των

τεχνολογικών εφαρμογών αυτών των αρχών. Πιο συγκεκριμένα η ενότητα της Κινητικής Θεωρίας των Αερίων και της Θερμοδυναμικής, για τη Β' τάξη Γενικού Λυκείου Θετικού προσανατολισμού, καταλαμβάνει πολύ μεγάλο τμήμα της διδακτέας ύλης, με 25 συνολικά προτεινόμενες ώρες διδασκαλίας, υπερβαίνοντας πολλές φορές και τους 3μήνες. Επιπλέον, μόνο 2 ώρες από αυτές προβλέπεται να πραγματοποιηθούν πειραματικά.

Η Θερμοδυναμική αποτελεί μια εκτεταμένη γνωστική περιοχή, όπου οι μαθητές καλούνται να συνδυάσουν μικροσκοπικές και μακροσκοπικές μεταβλητές, να κάνουν γραφικές απεικονίσεις των μεταβολών των αερίων, να επιλύσουν ασκήσεις με σύνθετες, πολλές φορές, αριθμητικές πράξεις και να εμβαθύνουν σε έννοιες για την επεξήγηση φυσικών φαινομένων. Οι δυσκολίες και οι παρανοήσεις των μαθητών (Alwan, 2011) στη Θερμική Φυσική και Θερμοδυναμική έγκεινται τόσο στη σύνδεση της θερμοκρασίας με την εσωτερική ενέργεια, όσο και στην υλοποίηση των διαγραμμάτων πίεσης-όγκου. Επιπλέον, αν και οι μαθητές φαίνεται να έχουν εξοικειωθεί με την ισόθερμη, ισόχωρη και ισοβαρή μεταβολή, αντίθετα η αδιαβατική μεταβολή τους δυσκολεύει (Knight, 2006), συνδέοντας πάντα την προσφορά θερμότητας με αύξηση της θερμοκρασίας του ιδανικού αερίου (Kesidou & Duit, 1993).

Η αξία του πραγματικού πειράματος είναι αδιαμφισβήτητη κατά τη διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών (Καλκάνης, 2003). Στην ενότητα της Θερμοδυναμικής όμως, εκτός από κάποια απλά πειράματα επίδειξης, η διεξαγωγή πειραμάτων από τους ίδιους τους μαθητές είναι σχεδόν αδύνατη, στα περισσότερα τουλάχιστον ελληνικά σχολεία, είτε λόγω έλλειψης εξοπλισμού, είτε λόγω έλλειψης χρόνου. Ακόμα και στην περίπτωση που γίνεται πραγματικό πείραμα στους Νόμους των Αερίων, στις περισσότερες περιπτώσεις πρόκειται για πείραμα επίδειξης, όπου ο διδάσκων χειρίζεται την πειραματική συσκευή και οι μαθητές απλά καταγράφουν τις μετρήσεις. Υπό αυτές τις συνθήκες αναδεικνύεται η χρήση των ΤΠΕ και πιο συγκεκριμένα η χρήση των εικονικών πειραμάτων (Τζιμογιάννης, 2004), ώστε να είναι αποτελεσματική η διαδικασία της μάθησης. Η εκπαιδευτική τεχνολογία αποτελεί πλέον κίνητρο για μάθηση, παρακινεί την περιέργεια των μαθητών και δημιουργεί ένα ευχάριστο περιβάλλον (Ρετάλης & Παρασκευά, 2006).

ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΕΙΣ

Οι ΤΠΕ μπορούν να προσφέρουν πολλαπλές αναπαραστάσεις των φαινομένων, του άμεσου μετασχηματισμού τους με κατανοητό τρόπο αλλά και του χειρισμού του εικονικού πειράματος από τον ίδιο το μαθητή (Hartley et al., 1991). Πιο συγκεκριμένα, οι προσομοιώσεις δίνουν τη δυνατότητα: α) εξατομικευμένης μάθησης, όπου κάθε μαθητής προχωρά με το δικό του ρυθμό (Γεροπούλου κ.α., 2014), β) επανάληψης του ίδιου φαινομένου (Κόμης, 2014) και γ) υλοποίησης ενός πειράματος χωρίς ακριβό εξοπλισμό (Κόμης, 2014). Η ταχύτατη εξάπλωση του διαδικτύου τα τελευταία χρόνια οδήγησε αναπόφευκτα στη δημιουργία διαδικτυακών προσομοιώσεων, γνωστών ευρέως ως Applet. Κατά κύριο λόγο πρόκειται για εφαρμογές ελεύθερες στο διαδίκτυο, εύκολες στη χρήση όπου οποιοσδήποτε μπορεί να έχει πρόσβαση σε αυτές μέσω ενός

φυλλομετρητή (browser). Ειδικότερα οι διαδικτυακές προσομοιώσεις στη φυσική πολύ συχνά αποκαλούνται και Physlets (*Physics Applets*). Τα Applets είναι διαδικτυακές εφαρμογές που συνδυάζουν εξειδικευμένη τεχνολογία και παιδαγωγική, έχοντας συνήθως απλά γραφικά, χωρίς φανταχτερές εικόνες που να αποσπούν την προσοχή του μαθητή, αλλά να του επιτρέπουν να επικεντρωθεί στην επιθυμητή έννοια (Cox et al, 2003).

Τα εκπαιδευτικά λογισμικά που δημιουργήθηκαν τα τελευταία χρόνια βοήθησαν πάρα πολύ τους εκπαιδευτικούς στη διδασκαλία. Στην Ελλάδα επίσης διανεμήθηκαν αξιόλογα λογισμικά για τις Φυσικές Επιστήμες και ειδικότερα για το μάθημα της Φυσικής στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση. Όμως με το πέρασμα των ετών κάποια από αυτά ήταν πλέον μη συμβατά με τους Ηλεκτρονικούς Υπολογιστές των σχολείων καθώς επίσης και τα γραφικά «φαινόταν» πολύ απλοϊκά στους μαθητές. Επιπλέον η προμήθεια, καθώς και ο χρόνος εγκατάστασης αυτών, ήταν και είναι, ένα εμπόδιο για τη χρήση τους. Αν λάβει κανείς υπόψη το γεγονός ότι πολλοί εκπαιδευτικοί αλλάζουν σχολική μονάδα πολύ συχνά ή διατίθενται σε περισσότερα από ένα σχολεία, η εγκατάσταση εκπαιδευτικού λογισμικού στο σχολικό εργαστήριο Η/Υ είναι σχεδόν αδύνατη λόγω του αρκετά μεγάλου χρόνου που απαιτείται. Αυτό το εμπόδιο μπορεί πολύ εύκολα να ξεπεραστεί με τη χρήση των διαδικτυακών εφαρμογών, μιας και το μόνο που χρειάζεται είναι η σύνδεση στο διαδίκτυο των Η/Υ του Εργαστηρίου Πληροφορικής.

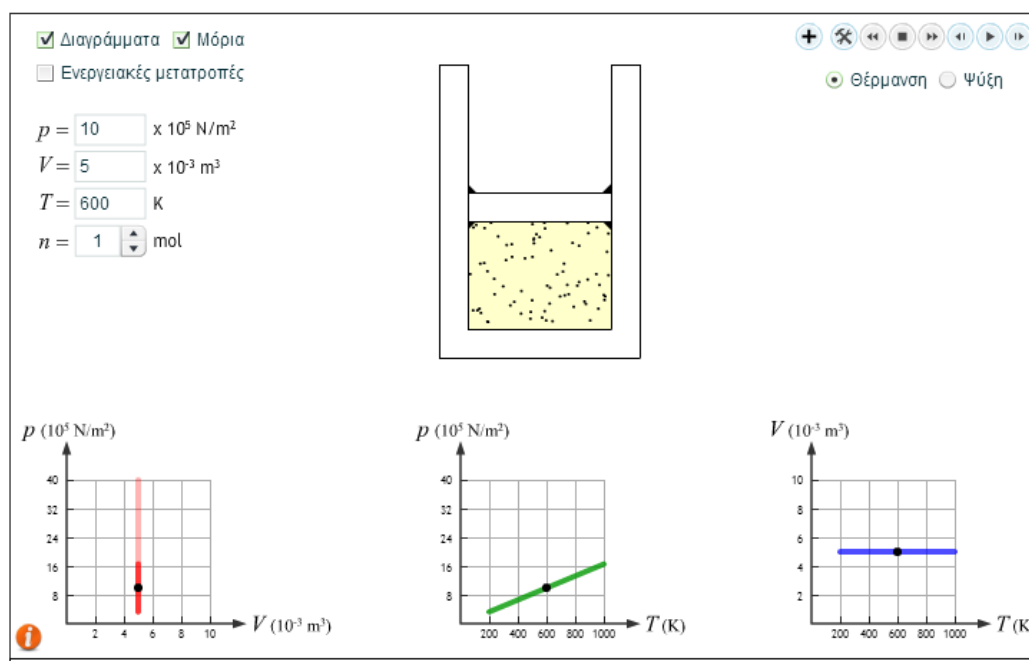
Αρχικά στην Ελλάδα χρησιμοποιήθηκαν ξενόγλωσσα Physlets, στα οποία οι μαθητές λόγω της δυσκολίας με τη γλώσσα απλά παρακολουθούσαν τις προσομοιώσεις. Στη συνέχεια έγινε μια μεγάλη προσπάθεια για μετάφραση κάποιων από αυτών των Physlets, με πολύ καλά αποτελέσματα και είναι πλέον ελεύθερα και διαθέσιμα στη μαθητική κοινότητα (PhET, 2018). Επιπλέον έχουν γίνει προσπάθειες για υλοποίηση διαδικτυακών εφαρμογών από Έλληνες εκπαιδευτικούς, δομημένες ώστε να απευθύνονται στο ελληνικό εκπαιδευτικό σύστημα και στις απαιτήσεις του Αναλυτικού Προγράμματος Σπουδών για τη Φυσική και για άλλα μαθησιακά αντικείμενα. Η διαδικτυακή εφαρμογή που χρησιμοποιήθηκε για την επαλήθευση του Νόμου των Αερίων και του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου στην παρούσα διδακτική παρέμβαση ήταν αυτή από την ιστοσελίδα «Seilias, Physics and Photography» (Seilias, 2018).

ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΔΙΔΑΚΤΙΚΗΣ ΠΑΡΕΜΒΑΣΗΣ

Η παρέμβαση που περιγράφεται στη συνέχεια υλοποιήθηκε το σχολικό έτος 2014-15 και έκτοτε εφαρμόζεται συστηματικά. Η δημιουργία του φύλλου εργασίας προέκυψε λόγω της ανάγκης για ανακεφαλαίωση όλων των Νόμων των Αερίων καθώς και η ανάγκη για εφαρμογή του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου, με τη μορφή επανάληψης, σε όλες τις μεταβολές. Πρόκειται για ένα φύλλο εργασίας που προβλέπεται να ολοκληρωθεί σε δύο διδακτικές ώρες στο εργαστήριο Η/Υ, όπου οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες των δύο ατόμων. Με τη χρήση του φύλλου εργασίας και υπό την καθοδήγηση του εκπαιδευτικού οι μαθητές συνδέονται με την ιστοσελίδα όπου βρίσκονται οι προσομοιώσεις για την ισόχωρη, ισοβαρή, ισόθερμη και αδιαβατική μεταβολή αντίστοιχα.

Η πρώτη δραστηριότητα αφορά την Ισόχωρη Μεταβολή και οι μαθητές βλέπουν την εικόνα που φαίνεται στο Σχήμα 1. Στο Applet εμφανίζεται το δοχείο μέσα στο οποίο βρίσκεται το ιδανικό αέριο, υπάρχει η δυνατότητα απεικόνισης των μορίων του αερίου, των διαγραμμάτων πίεσης-όγκου, πίεσης-θερμοκρασίας, όγκου-θερμοκρασίας, οι τιμές των μακροσκοπικών μεγεθών (πίεσης, όγκου, θερμοκρασίας, αριθμός mol) καθώς και οι ενεργειακές μετατροπές που λαμβάνουν χώρα.

Ισόχωρη Μεταβολή



Σχήμα 1: Διαδικτυακή προσομοίωση για την πραγματοποίηση της Ισόχωρης Μεταβολής.

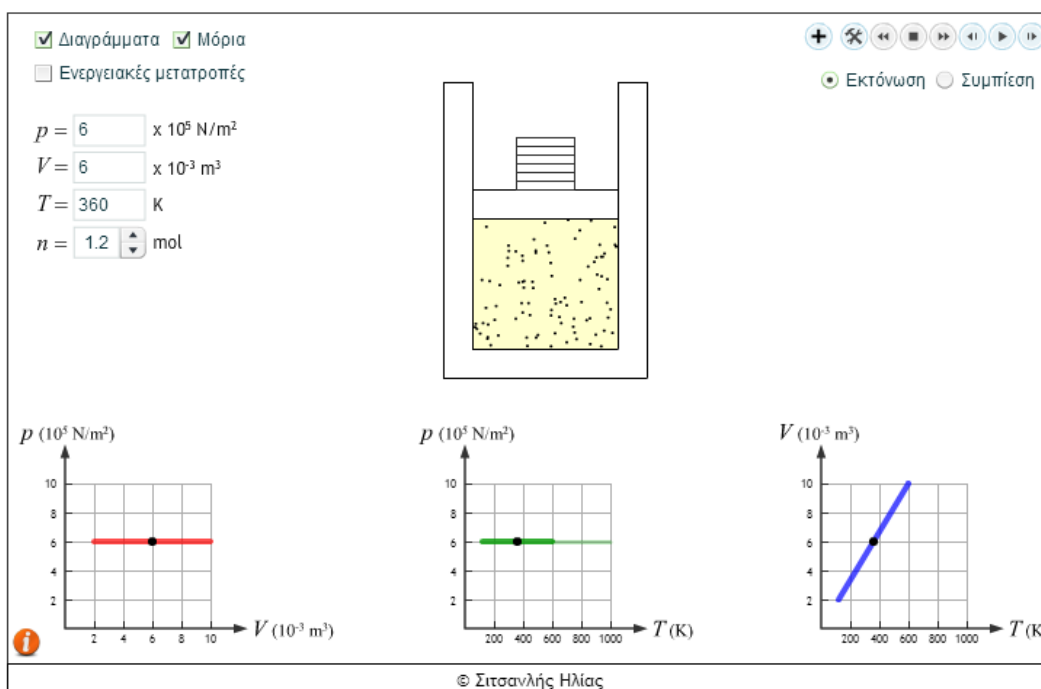
Αρχικά ζητείται από τους μαθητές να περιγράψουν το δοχείο και να καταγράψουν τις παρατηρήσεις τους. Στη συνέχεια επιλέγουν να εμφανίζονται μόνο οι παράμετροι «Διαγράμματα» και «Μόρια», χωρίς να έχουν επιλεγμένη την παράμετρο «Ενεργειακές μετατροπές». Επιλέγουν συγκεκριμένες τιμές που τους δίνονται στο φύλλο εργασίας για την πίεση, τον όγκο, τη θερμοκρασία και τον αριθμό των mol του αερίου. Θερμαίνουν το αέριο και καταγράφουν τις νέες τιμές στο φύλλο εργασίας. Η προσομοίωση δείχνει πολύ παραστατικά τη θέρμανση με τη χρήση εικονικής φλόγας όπου οι μαθητές παρατηρούν πως εξελίσσεται το πείραμα. Μετά την πραγματοποίηση του εικονικού πειράματος καλούνται να απαντήσουν στο αν επιβεβαιώνεται ο νόμος του Charles με βάση τις μετρήσεις και να εξηγήσουν πιθανές αποκλίσεις. Επιπλέον παρατηρούν την κίνηση των μορίων του αερίου πριν και μετά τη θέρμανση, καταγράφουν τις παρατηρήσεις τους και εξηγούν το φαινόμενο με βάση την Κινητική Θεωρία των Αερίων. Αμέσως μετά, τους ζητείται να σχεδιάσουν στο φύλλο εργασίας τα διαγράμματα πίεσης-όγκου, πίεσης-θερμοκρασίας και όγκου-θερμοκρασίας που παρουσιάζονται στην προσομοίωση. Οι μαθητές έχουν τη

δυνατότητα να επαναλάβουν όσες φορές επιθυμούν την πειραματική διαδικασία παρατηρώντας πως διαμορφώνονται αντίστοιχα τα διαγράμματα.

Στο επόμενο βήμα τους ζητείται να επιλέξουν και την παράμετρο «Ενεργειακές μετατροπές» και να καταγράψουν τις τιμές της Θερμότητας, της Μεταβολής της Εσωτερικής Ενέργειας και του Έργου, καλώντας τους να εξηγήσουν αν αυτές οι τιμές συμφωνούν με τη θεωρία, να κάνουν την επαλήθευση και να εξηγήσουν τυχόν αποκλίσεις. Σε αυτό το σημείο οι μαθητές εφαρμόζουν των Πρώτο Θερμοδυναμικό Νόμο για την Ισόχωρη Μεταβολή, ανακαλούν τις μαθηματικές σχέσεις, κάνουν υπολογισμούς, επιβεβαιώνοντας ή όχι την ισχύ του. Τέλος, ψύχουν το αέριο, καταγράφουν τις νέες τιμές πίεσης, όγκου, θερμοκρασίας και αριθμού mol, διερευνούν αν επαληθεύεται ο Νόμος του Charles και εξηγούν με βάση τις μετρήσεις τους τυχόν αποκλίσεις.

Στη δεύτερη δραστηριότητα του φύλλου εργασίας μελετάται η Ισοβαρής Μεταβολή. Όπως και πριν οι μαθητές αρχικά περιγράφουν το δοχείο μέσα στο οποίο βρίσκεται το αέριο. Η εικόνα της προσομοίωσης που βλέπουν οι μαθητές είναι αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 2.

Ισοβαρής Μεταβολή

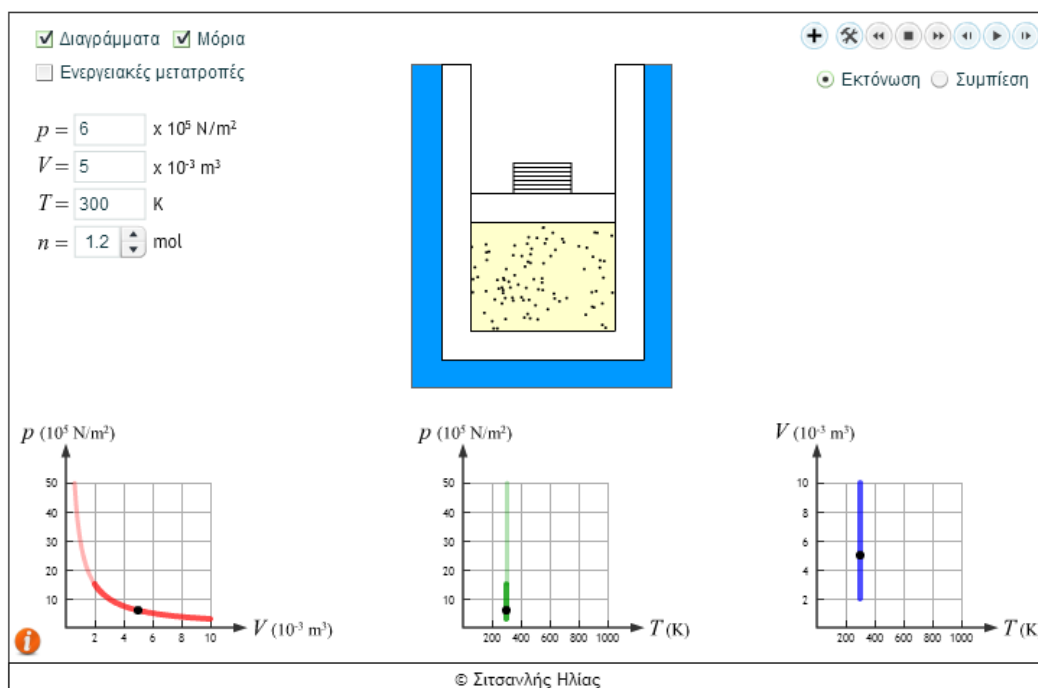


Σχήμα 2: Διαδικτυακή προσομοίωση για την πραγματοποίηση της Ισοβαρούς Μεταβολής.

Επιλέγουν ξανά κάποιες αρχικές τιμές για την πίεση, τον όγκο, τη θερμοκρασία και τον αριθμό των mol και στη συνέχεια εκτονώνουν το αέριο. Καταγράφουν τις νέες τιμές όσον αφορά τα μακροσκοπικά μεγέθη, διερευνούν αν επαληθεύεται ο Νόμος του Gay-Lussac, ερμηνεύοντας τυχόν αποκλίσεις, καθώς επίσης περιγράφουν την κίνηση των μορίων του αερίου πριν και μετά την εκτόνωσή του. Σχεδιάζουν οι ίδιοι τα διαγράμματα πίεσης-όγκου, πίεσης-θερμοκρασίας και όγκου-θερμοκρασίας και έχουν τη δυνατότητα ταυτόχρονης

παρατήρησης και των τριών διαγραμμάτων. Στη συνέχεια επιλέγοντας την παράμετρο «Ενεργειακές μετατροπές» καταγράφουν τις τιμές της Θερμότητας, της Μεταβολής της Εσωτερικής Ενέργειας και του Έργου που παράγεται στη μεταβολή αυτή και επαληθεύουν αν οι τιμές της προσομοίωσης συμφωνούν με αυτές από τη θεωρία. Τέλος, επιλέγουν «συμπίεση» και καταγράφουν εκ νέου τις τιμές πίεσης, όγκου και θερμοκρασίας, διερευνώντας αν επαληθεύεται ξανά ο Νόμος της Ισοβαρούς Μεταβολής.

Ισόθερμη Μεταβολή



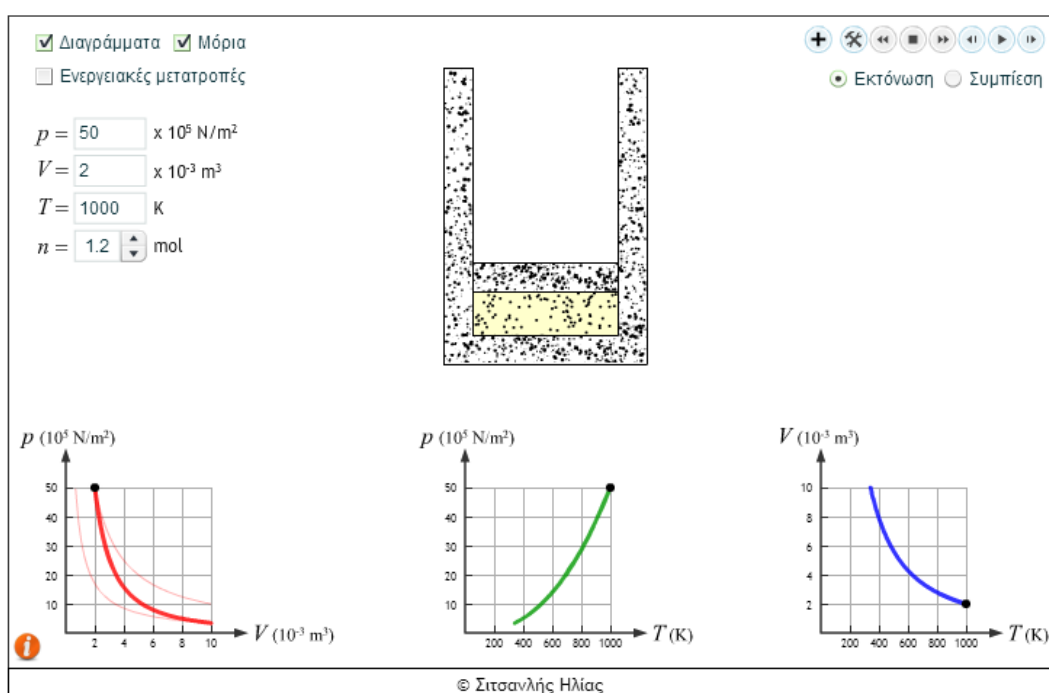
Σχήμα 3: Διαδικτυακή προσομοίωση για την πραγματοποίηση της Ισόθερμης Μεταβολής.

Η τρίτη δραστηριότητα αφορά την Ισόθερμη Μεταβολή του ιδανικού αερίου. Η εικόνα του Applet φαίνεται στο Σχήμα 3. Ξανά οι μαθητές παρατηρούν και περιγράφουν το δοχείο, επιλέγουν συγκεκριμένες αρχικές τιμές πίεσης, όγκου, θερμοκρασίας και αριθμού mol, εκτονώνουν το αέριο, καταγράφουν τις νέες τιμές και διερευνούν αν επαληθεύεται ο Νόμος του Boyle, αιτιολογώντας τυχόν αποκλίσεις. Παρατηρούν και καταγράφουν τη κίνηση των μορίων του αερίου, συνδέοντάς την με την Κινητική Θεωρία των Αερίων. Σχεδιάζουν τα διαγράμματα, επιλέγουν τις «Ενεργειακές μετατροπές», καταγράφουν τις τιμές της Θερμότητας, της Μεταβολής της Εσωτερικής Ενέργειας και του παραγόμενου Έργου, συγκρίνοντας τις τιμές αυτές με τις προβλεπόμενες από τη θεωρία. Τέλος, συμπιέζουν το αέριο, καταγράφοντας τις νέες τιμές των μακροσκοπικών μεγεθών και διερευνούν αν επιβεβαιώνεται ο Νόμος της Ισόθερμης Μεταβολής.

Στην τέταρτη δραστηριότητα μελετάται η Αδιαβατική Μεταβολή και η εικόνα της προσομοίωσης είναι αυτή που φαίνεται στο Σχήμα 4. Και σε αυτή τη μεταβολή οι μαθητές παρατηρούν και περιγράφουν το δοχείο μέσα στο οποίο

βρίσκεται το ιδανικό αέριο, επιλέγουν αρχικές τιμές για τις μακροσκοπικές μεταβλητές σύμφωνα με τις οδηγίες που δίνονται στο φύλλο εργασίας, εκτονώνουν το αέριο, καταγράφουν εκ νέου τις νέες τιμές, διερευνούν την ισχύ του Νόμου του Poisson και δικαιολογούν τυχόν αποκλίσεις. Σχεδιάζουν τα διαγράμματα πίεσης-όγκου, πίεσης-θερμοκρασίας και όγκου-θερμοκρασίας, επιλέγουν τις «Ενεργειακές μετατροπές» και καταγράφουν τις τιμές της Θερμότητας, της Μεταβολής της Εσωτερικής Ενέργειας και του Έργου, συγκρίνουν αυτές τις τιμές με τις προβλεπόμενες από τη θεωρία, κάνοντας μαθηματικούς υπολογισμούς και εξηγώντας πιθανές αποκλίσεις. Τέλος, συμπιέζουν το αέριο, καταγράφουν τις νέες τιμές και επαληθεύουν εκ νέου το Νόμο της Αδιαβατικής Μεταβολής.

Αδιαβατική Μεταβολή



Σχήμα 4: Διαδικτυακή προσομοίωση για την πραγματοποίηση της Αδιαβατικής Μεταβολής.

Μετά την ολοκλήρωση και των τεσσάρων μεταβολών, γίνεται παρουσίαση των αποτελεσμάτων των ομάδων στην ολομέλεια της τάξης και συζήτηση επί των αποτελεσμάτων.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το Applet που χρησιμοποιήθηκε στο παρόν φύλλο εργασίας είναι απλό, εύκολο στη χρήση και πολύ παραστατικό. Μετά από την εφαρμογή του στην τάξη παρατηρήθηκε ότι οι πολλαπλές αναπαραστάσεις βοηθούν το μαθητή να συσχετίσει τα μακροσκοπικά και μικροσκοπικά μεγέθη. Η εφαρμογή περιλαμβάνει το είδος του δοχείου που απαιτείται για κάθε μεταβολή καθώς επίσης παρουσιάζεται η εξέλιξη των διαγραμμάτων ταυτόχρονα με την εκτέλεση του εικονικού πειράματος. Οι μαθητές μπορούν πολύ εύκολα και γρήγορα να

επαναλάβουν μια μεταβολή ώστε να εστιάσουν σε μια συγκεκριμένη αναπαράσταση. Πρόσθετη αξία της εφαρμογής ήταν ο συνδυασμός χρήσης του Arplet με άλλες εφαρμογές του Η/Υ όπως π.χ. την Αριθμομηχανή, κάνοντας έτσι πιο αποτελεσματική και γρήγορη την επεξεργασία των αριθμητικών δεδομένων που λήφθηκαν από την προσομοίωση (π.χ. εκθετικά, λογάριθμοι). Τέλος, η χρήση του εικονικού πειράματος διεγείρει το ενδιαφέρον των μαθητών έναντι του παραδοσιακού μαθήματος στην τάξη.

Στο παρόν φύλλο εργασίας μπορούν να γίνουν τροποποιήσεις ώστε ο κάθε εκπαιδευτικός να το προσαρμόσει στις ανάγκες και ιδιαιτερότητες της τάξης του. Η προσομοίωση για κάθε μεταβολή μπορεί να γίνει κατά τη διδασκαλία του αντίστοιχου νόμου ή/και κατά τη διδασκαλία του Πρώτου Θερμοδυναμικού Νόμου. Σε αυτή την περίπτωση κάθε νόμος μπορεί να εξαχθεί μέσω του τρίπτυχου «Υποθέτω-Παρατηρώ-Συμπεραίνω» με τη βοήθεια της προσομοίωσης και κατάλληλη προσαρμογή του φύλλου εργασίας. Εναλλακτικά, αν δεν υπάρχει η δυνατότητα υλοποίησης ανά ομάδες στο εργαστήριο Η/Υ μπορεί να γίνει απλή παρουσίαση των προσομοιώσεων από τον διδάσκοντα στους μαθητές με τη χρήση βιντεοπροβολέα και συμπλήρωση του φύλλου εργασίας από τους μαθητές. Μετά το πέρας του φύλλου εργασίας γίνονται ερωτήσεις αξιολόγησης στους μαθητές, τόσο επί της κατανόησης της συνολικής ενότητας, όσο και επί της εφαρμογής της διαδικτυακής προσομοίωσης.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

Γεροπούλου, Γ., Γιουρτσίδης, Α., Ευθυμιάδου, Σ., Κυρίτσης, Λ., Μανάφη, Ι., Σαπουνάς Α., Τζελέπη, Β. (2014). *Σχεδιάζοντας Διδασκαλίες για το δημοτικό, Συλλογικό e-book*. Αθήνα, Εκδόσεις Σαΐτα.

Καλκάνης, Γ. Θ. (2003). Το ιστορικό(;) μέλλον των ερευνητικών και εκπαιδευτικών πειραμάτων. Στο Κ. Σκορδούλης & Λ. Χαλκία (Επ.), *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου: «Η συμβολή της Ιστορίας και Φιλοσοφίας των Φυσικών Επιστημών στη Διδασκαλία των Φ.Ε.»* (σ. 99-108). Αθήνα: Π.Τ.Δ.Ε.

Κόμης, Β. (2004), *Εισαγωγή στις Εφαρμογές των ΤΠΕ στην Εκπαίδευση*. Αθήνα, Εκδόσεις Νέων Τεχνολογιών

Ρετάλης Σ., Παρασκευά Φ, (2006). *Μεταπτυχιακό Εκπαιδευτικό Υλικό Ε2 – Παιδαγωγικά, Βασική έκδοση, Πανεπιστήμιο Πειραιά-Α.Σ.ΠΑΙ.Τ.Ε., Αθήνα*

Τζιμογιάννης, Α (2004). Οι προσομοιώσεις στη Διδασκαλία της Φυσικής. Στο Ι. Βλαχάβας, Β. Δαγδιλέλης, Γ. Ευαγγελίδης, Γ. Παπαδόπουλος, Μ. Σατρατζέμη & Δ. Ψύλλος (Επ.), *Οι τεχνολογίες της πληροφορίας και των επικοινωνιών στην ελληνική εκπαίδευση: απολογισμός και προοπτικές* (σ. 240–254). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Πανεπιστημίου Α.Π.Θ. - Μακεδονίας.

Υπουργείο Παιδείας Έρευνας και Θρησκευμάτων, (2015). *Πρόγραμμα Σπουδών μαθήματος «Φυσική» της Α' και Β' τάξης Γενικού Λυκείου και της ομάδας προσανατολισμού Θετικών Σπουδών της Β' και Γ' Γενικού Λυκείου*, Αθήνα.

Υπουργείο Παιδείας Έρευνας και Θρησκευμάτων, (2017). *Οδηγίες για τη διδασκαλία των Φυσικών επιστημών στις Α', Β' Ημερήσιου ΓΕΛ και Α', Β', Γ' Εσπερινού ΓΕΛ για το σχολ. έτος 2017-2018*, Αθήνα.

Alwan, A. (2011). "Misconception of Heat and Temperature among Physics Students." *Procedia Social and Behavioral Sciences* 12: 600–614

Cox, A.J., Belloni, M., Christian, W. & Dancy, M.H. (2003). *Teaching Thermodynamics with Physlets® in Introductory Physics*, Phys. Ed. 38, 433.

Hartley, J.R., Byard, M.J. & Mallen, C., (1991). "Qualitative modelling and conceptual change in science students". In Birnbaum, L. (ed) *The International Conference on the Learning Sciences: Proceedings of the 1991 Conference*, p 222-230. Charlottesville Va: Association for the Advancement of Computing in Education.

Kesidou, S & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics – An interpretative study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 85-106

Knight R. (2006). *Πέντε Εύκολα Μαθήματα. Στρατηγικές για την Επιτυχή Διδασκαλία της Φυσικής*. Διαυλος, Αθήνα.

PhET. (2018). *Interactive Simulations*. University of Colorado at Boulder. Ανακτήθηκε στις 03/03/2018 από τη διεύθυνση <https://phet.colorado.edu/el/simulations/category/physics>

Seilias, Physics and Photography. (2018). Ανακτήθηκε στις 03/03/2018 από τη διεύθυνση <http://www.seilias.gr/index.php>