

Διερεύνηση των ιδεών μαθητών Λυκείου σε σχέση με τη Θερμοδυναμική. Μια διδακτική παρέμβαση με χρήση Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών

Μ. Καμπόση¹, Δ. Τσέλιος²

¹1^ο Πειραματικό Λύκειο Καρδίτσας
mkamposi@sch.gr

²Αναπληρωτής Καθηγητής, Τμήμα Διοίκησης Επιχειρήσεων, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
dtselios@uth.gr

Περίληψη

Η έρευνα αυτή μελετά τα αποτελέσματα της χρήσης των Τεχνολογιών Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ) στη διδασκαλία βασικών εννοιών της Θερμοδυναμικής και εστιάζεται στην κατανόηση των εννοιών της θερμότητας, της θερμοκρασίας, της θερμικής ισορροπίας, της εσωτερικής ενέργειας των σωμάτων και στην εφαρμογή τους στην καθημερινότητα. Στην έρευνα συμμετείχαν 70 μαθητές και μαθήτριες Β' Λυκείου και ως ερευνητική μέθοδος χρησιμοποιήθηκε το πείραμα, μέσω συμπλήρωσης pre και post test από τους μαθητές, πριν και μετά την υλοποίηση κατάλληλα σχεδιασμένης διδακτικής παρέμβασης με χρήση ΤΠΕ. Η υπόθεση ήταν ότι η προσομοίωση των φαινομένων μέσω του υπολογιστή θα βοηθούσε στην κατανόηση των εννοιών από τους μαθητές και τα αποτελέσματα ήταν ενθαρρυντικά. Η έρευνα αυτή θα μπορούσε να επεκταθεί και σε διαφορετικούς τομείς της Φυσικής και να πραγματοποιηθεί σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών, πιθανώς και με μεγαλύτερη χρονική διάρκεια.

Λέξεις κλειδιά: Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών ΤΠΕ, STEM, Θερμοδυναμική, προσομοιώσεις, διδακτικές τεχνικές.

1. Εισαγωγή

Η διαρκής έρευνα στον τομέα της διδακτικής των φυσικών επιστημών έχει διαδραματίσει ουσιαστικό ρόλο όχι μόνο στην ανάλυση της πραγματικής κατάστασης του επιστημονικού γραμματισμού και της διδασκαλίας του στα σχολεία αλλά και στη βελτίωση της εκπαιδευτικής πρακτικής και εκπαίδευσης των εκπαιδευτικών. Απογοητευτικά αποτελέσματα διεθνών μελετών παρακολούθησης όπως το PISA (Πρόγραμμα για τη Διεθνή Αξιολόγηση σπουδαστών) πυροδότησαν μια γενική συζήτηση σχετικά με την ανάγκη για ένα επαρκές επίπεδο του επιστημονικού γραμματισμού και της ανάγκης βελτίωσης της ποιότητας της διδασκαλίας των φυσικών επιστημών στο σχολείο. Μέσα σε αυτό το πλαίσιο, είναι σημαντικό να δοθεί προσοχή στο γεγονός ότι η βελτίωση της παρεχόμενης εκπαίδευσης αποτελεί

συνδυασμό πολλών μεταβλητών. Ωστόσο, η διάδοση και η ευρεία χρήση των τεχνολογιών πληροφορικής και επικοινωνιών στην εκπαίδευση θέτει νέα δεδομένα και επηρεάζει την ίδια άμεσα. Ακόμη περισσότερο, τα περιβάλλοντα συνεργατικής μάθησης και οι Τεχνολογίες Πληροφορικής και Επικοινωνιών (ΤΠΕ), μπορούν να διευκολύνουν το έργο των εκπαιδευτικών που διδάσκουν φυσικές επιστήμες. Η μάθηση σε περιβάλλοντα προσομοίωσης είναι επομένως ένα από τα πλεονεκτήματα της χρήσης των υπολογιστών και μία ενδιαφέρουσα παιδαγωγική πρακτική που ακολουθείται, τόσο στα Μαθηματικά και τη Φυσική, όσο και σε άλλους τομείς - αν και συνήθως θα πρέπει να συμπληρώνεται και με άλλες διδακτικές πρακτικές (OECD, 2017).

Ειδικότερο ενδιαφέρον παρουσιάζει ο σχεδιασμός διδακτικών παρεμβάσεων με χρήση προσομοιώσεων στη Θερμοδυναμική, που αποτελεί έναν τομέα της Φυσικής επιστήμης που παρουσιάζει σημαντικές δυσκολίες κατανόησης. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε έγκριτα επιστημονικά περιοδικά υπάρχει πληθώρα άρθρων που αναφέρονται σε θέματα διδασκαλίας της Θερμοδυναμικής, καθώς και στις δυσκολίες που αντιμετωπίζουν οι μαθητές στην κατανόησή της. Επιπρόσθετα, έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί σε μαθητές Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης έχουν καταλήξει ότι υπάρχουν ισχυρές παρανοήσεις πάνω σε βασικές έννοιες και οι μαθητές δύσκολα αλλάζουν τη στάση τους πάνω σε αυτές (Kesidou & Duit, 1993; Arnold & Millar, 1996; Ben-Zvi, 1999; Viennot, 1998; Harrison, 1996; De Berg, 1995; Saricayir et al., 2016; Meli et al., 2016). Διδάσκοντες σε πανεπιστήμια συχνά έχουν σημειώσει παρόμοιες ιδέες μεταξύ των φοιτητών τους, όπως αναφέρεται σε πλήθος ερευνών που έχουν πραγματοποιηθεί τις τελευταίες δεκαετίες (Loverude et al., 2001; Meltzer, 2004; Anderson et al., 2005; Junglas, 2006; Sokrat et al., 2014; Kamcharean & Wattanakasiwich, 2016; Hakim et al., 2017).

Οι παραπάνω έρευνες επιστρατεύουν διάφορες τεχνικές για να συγκεντρώσουν πληροφορίες σχετικές με τις παρανοήσεις των μαθητών, όπως εννοιολογικούς χάρτες, ανοιχτού τύπου ερωτήσεις, ερευνητικές δραστηριότητες, συνεντεύξεις και επισκοπικές έρευνες. Από τις δυνατές επιλογές, προτιμώνται οι ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών λόγω της ευκολίας στη συγκέντρωση και επεξεργασία των πληροφοριών. Παρ' όλα αυτά, οι γενικές ερωτήσεις πολλαπλών επιλογών στερούν από τους ερευνητές τη δυνατότητα της εις βάθος μελέτης των παρανοήσεων των μαθητών. Επομένως, υπάρχει μια τάση για την ανάπτυξη «ερωτήσεων δύο επιπέδων» προκειμένου να αποκτήσουν περισσότερες πληροφορίες σχετικά με την κατανόηση των μαθητών. Οι ερωτήσεις δύο επιπέδων, που χρησιμοποιήθηκαν σε αυτή την έρευνα, αποτελούνται από μια ερώτηση περιεχομένου και μια ερώτηση αιτιολογίας που έχει βρεθεί ότι παρέχουν σημαντικά καλύτερα αποτελέσματα σε ό,τι αφορά τις παρερμηνείες των μαθητών σε σύγκριση με τις παραδοσιακές ερωτήσεις πολλαπλής επιλογής (Kamcharean & Wattanakasiwich, 2016).

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, σχεδιάστηκε μία διδακτική παρέμβαση σε 70 μαθητές/τριες 16-17 ετών, της Β΄ Λυκείου, θετικών σπουδών, ώστε να διερευνηθούν

οι ιδέες τους επάνω στις βασικές έννοιες της Θερμοδυναμικής και παράλληλα να μελετηθεί η επίδραση της χρήσης των ψηφιακών τεχνολογιών στη διδασκαλία και στην αλλαγή των αρχικών ιδεών και στάσεών τους.

2. Η μεθοδολογία της έρευνας

2.1 Χρήση προσομοιώσεων για τη διδασκαλία της Θερμοδυναμικής

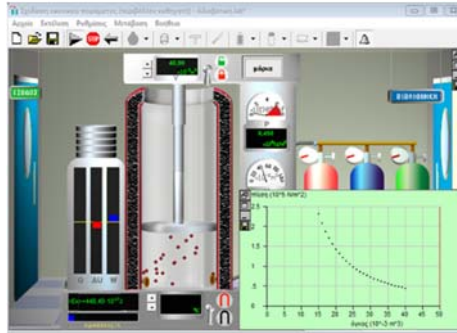
Στην ελληνική εκπαιδευτική πραγματικότητα, στην έκθεση του 2019 της Αρχής Διασφάλισης της Ποιότητας στην Πρωτοβάθμια και Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση (Α.ΔΙ.Π.Π.Δ.Ε.) παρατηρείται ότι οι μαθητές της Β΄ Γενικού Λυκείου τις χαμηλότερες βαθμολογίες τις σημειώνουν στο μάθημα της Φυσικής, η οποία σε αυτήν την τάξη πραγματεύεται το αντικείμενο της Θερμοδυναμικής.

Β΄ Γενικού Λυκείου 2017-18		
Μάθημα	Βαθμός ≤ 9	Βαθμός ≤ 10
Νεοελληνική Γλώσσα	3,3%	7,1%
Άλγεβρα	30,5%	38,9%
Γεωμετρία	33,4%	44,2%
Φυσική	39,2%	48,4%
Βιολογία	12,6%	21,5%
Χημεία	23,8%	35,1%
Ιστορία	11,2%	18,9%
Εισαγωγή στις Αρχές Επιστήμης των Η/Υ	9,4%	16,9%

Εικόνα 1: Ποσοστά μαθητών της Β΄ ΓΕΛ κατά το σχ. έτος 2017-18 με βαθμό μικρότερο του 9 και με βαθμό μικρότερο του 10 (Α.ΔΙ.Π.Π.Δ.Ε., 2019, σελ.122)

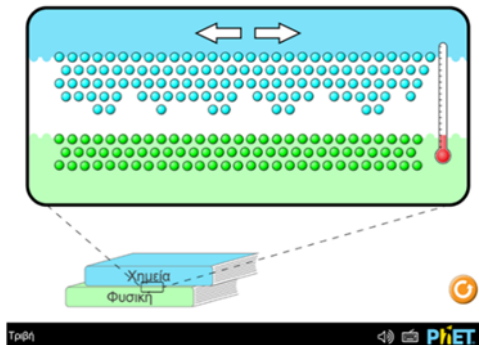
Για τη βελτίωση των επιδόσεων των μαθητών διαχρονικά δοκιμάστηκαν αρκετά διδακτικά μοντέλα, όπως των Lewis et al. (1993), οι οποίοι πειραματίστηκαν με τη χρήση προσομοιώσεων όπου διαπίστωσαν ότι οι μαθητές κατανόησαν και χρησιμοποίησαν τις προσομοιώσεις των πραγματικών φαινομένων χωρίς δυσκολίες και με τον ίδιο τρόπο που χρησιμοποίησαν τα δεδομένα από τα πραγματικά πειράματα. Εντούτοις, παρατήρησαν ότι οι μαθητές συχνά τροποποιούσαν τα αποτελέσματα ώστε να ταιριάζουν με αυτά που ανέμεναν. Κατέληξαν λοιπόν στο συμπέρασμα ότι οι γνώσεις των μαθητών μπορεί να βελτιώνονται, χρειάζεται όμως προσοχή στον τρόπο σχεδιασμού της προσομοίωσης. Πιο πρόσφατα, οι Hakim et al. (2017) αξιολόγησαν τη χρήση διαδραστικών πολυμέσων στη διδακτική της Θερμοδυναμικής με τη μέθοδο του πειράματος με ομάδα ελέγχου και με pre και post tests. Τα αποτελέσματα της έρευνάς τους κατέληξαν ότι η χρήση των διαδραστικών πολυμέσων μπορεί α) να βελτιώσει τη δημιουργική σκέψη και τις δεξιότητες του δασκάλου της φυσικής και β) να βελτιώσει τη δημιουργική σκέψη των μαθητών, όπου οι δεξιότητες εμφανίζονται κυρίως στο δείκτη ευελιξίας παρά στους δείκτες πρωτοτυπίας. Στην ελληνική δευτεροβάθμια εκπαίδευση, η Μελή (2015)

δημιούργησε μία υπολογιστική προσομοίωση για τη διδασκαλία των θερμοδυναμικών μεταβολών ιδανικών αερίων ειδικά για τη διδασκαλία της Θερμοδυναμικής σε μαθητές Β΄ Λυκείου. Επιπρόσθετα, η ερευνήτρια προχώρησε σε πιλοτική αξιολόγηση του μοντέλου που δημιούργησε μέσω ενός ερωτηματολογίου στάσεων που απεύθυνε στους μαθητές. Τα ενθαρρυντικά σχόλια που συγκεντρώθηκαν οδηγούν στο συμπέρασμα ότι είναι θετικό εργαλείο για τη διδασκαλία.



Εικόνα 2: Αδριατική μεταβολή σε περιβάλλον Σ.Ε.Π.

Παράλληλα, ήδη κυκλοφορούν έτοιμα εργαλεία κατασκευής προσομοιώσεων που σχετίζονται με εικονικά εργαστήρια: ΣΕΠ Α.Π.Θ., Phet Colorado University, Physlets, Thermolab κ.λπ. Ο Κυριακόπουλος (2013), χρησιμοποιώντας το ΣΕΠ σχεδίασε ασκήσεις Θερμοδυναμικής, και παρατήρησε τις θετικές επί το πλείστον αντιδράσεις των μαθητών του στη διδασκαλία, σε συνδυασμό όμως με την κλασική πειραματική εφαρμογή. Ακόμη, οι Γκαράς & Δημητρακοπούλου (2016) παρουσίασαν μια χρήση της διαδραστικής προσομοίωσης Phet “Gas Properties” και κατέληξαν ότι οι διαδραστικές διαδικτυακές εφαρμογές, όταν είναι ευχάριστες και εύχρηστες, ερεθίζουν την περιέργεια των μαθητών και συμβάλλουν στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και ίσως και στην κατανόηση των επιστημονικών εννοιών.



Εικόνα 3: Αύξηση της Θερμοκρασίας σώματος μέσω της τριβής
(<https://phet.colorado.edu/el/simulations/friction>)

Στη συγκεκριμένη έρευνα επιχειρήθηκε η διερεύνηση της αποτελεσματικότητας της χρήσης σε μαθητές Β' Γενικού Λυκείου των προσομοιώσεων: Σ.Ε.Π. (εικόνα 2) και Phet “Gas Properties”- “Friction” (εικόνα 3), μέσω ερωτηματολογίων δύο επιπέδων με τη χρήση pre και post tests που θα κατέτασσαν το επίπεδο των γνώσεων που κατέκτησαν οι μαθητές μετά από τη διδακτική παρέμβαση, ώστε να διαπιστώσουν αν όντως ξεπέρασαν τις συνήθεις παρανοήσεις τους σχετικά με τη θερμοκρασία, τη θερμότητα, την εσωτερική ενέργεια και τη θερμική ισορροπία.

2.2 Η σχεδίαση του ερωτηματολογίου

Η έρευνα διεξήχθη την άνοιξη του 2019 σε τέσσερα συνολικά τμήματα της Β' Τάξης δύο Λυκείων της Καρδίτσας. Συνολικά συμμετείχαν 70 μαθητές/ριες στην έρευνα (28 μαθητές και 42 μαθήτριες). Κατά την έναρξη της έρευνας, οι μαθητές είχαν ήδη διδαχθεί τις προβλεπόμενες από το αναλυτικό πρόγραμμα έννοιες της Θερμοδυναμικής. Ως ερευνητική στρατηγική χρησιμοποιήθηκε το πείραμα. Πιο συγκεκριμένα, τα δεδομένα για τις ιδέες και αντιλήψεις των παιδιών σχετικά με τις έννοιες που διερευνήθηκαν, συλλέχθηκαν με τη χρήση ενός pre-test (διάρκειας μίας διδακτικής ώρας. Αμέσως μετά πραγματοποιήθηκε η διδακτική παρέμβαση διάρκειας τριών ωρών (όχι συνεχόμενων) στην αίθουσα του εργαστηρίου Πληροφορικής των σχολείων, όπου όλοι οι μαθητές είχαν στη διάθεσή τους Η/Υ και σύνδεση στο διαδίκτυο. Οι μαθητές χωρίστηκαν σε ομάδες των 2-3 ατόμων (για κάθε τμήμα των 17-18 μαθητών) της δικής τους επιλογής και πραγματοποίησαν τις προσομοιώσεις που σχεδιάστηκαν ειδικά για αυτούς. Κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης των εικονικών πειραμάτων τους ζητήθηκε να συμπληρώσουν το κατάλληλα διαμορφωμένο Φύλλο Εργασίας και τους έγινε σαφές ότι μπορούν να συνεργάζονται και με τις άλλες ομάδες για την αντιμετώπιση των όποιων δυσκολιών. Ο ρόλος των εκπαιδευτικών που συμμετείχαν ήταν καθαρά συμβουλευτικός – υποστηρικτικός. Στο μάθημα που ακολούθησε τη διδακτική παρέμβαση, ζητήθηκε από τους μαθητές να συμπληρώσουν ένα post-test (το ίδιο ακριβώς με το pre-test), προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπήρξαν αλλαγές στην κατανόηση των εννοιών της Θερμοδυναμικής μετά τη διδακτική παρέμβαση.

Το ερωτηματολόγιο αποτελείται από επτά (7) ερωτήσεις, εκ των οποίων οι τέσσερις (4) είναι δύο επιπέδων και οι υπόλοιπες τρεις (3) είναι πολλαπλής επιλογής. Οι έρευνες ανασκόπησης των Wattanakasiwich et al. (2013) και των Kamcharean and Wattanakasiwich (2016) αποτέλεσαν έναν ιδιαίτερα χρήσιμο οδηγό για τη δημιουργία του ερωτηματολογίου, καθώς έχουν συγκεντρώσει ερευνητικά ερωτήματα παλαιότερων μελετητών, που έχουν ήδη καταλήξει σε τεκμηριωμένες απόψεις σχετικές με τις παρανοήσεις των μαθητών πάνω σε έννοιες της Θερμοδυναμικής, και παράλληλα δημιούργησαν ερωτηματολόγια βασισμένα πάνω σε αυτές και που καλύπτουν σχεδόν ολόκληρο το φάσμα της Θερμοδυναμικής. Έτσι, και με βάση την ύλη της Β' Λυκείου που διδάχθηκαν οι μαθητές των δύο σχολείων, καθώς και το γενικότερο γνωσιακό τους επίπεδο, επιλέχθηκαν ως ερευνητικοί θεματικοί άξονες:

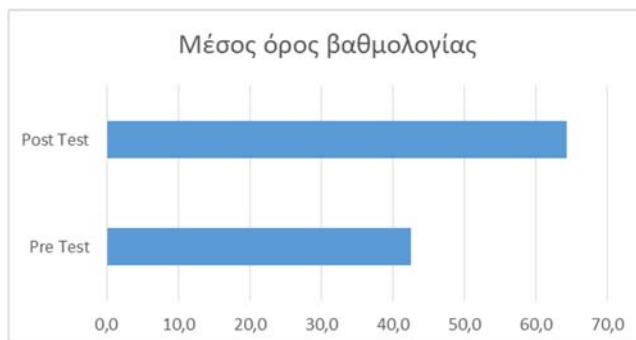
- Η θερμική ισορροπία και η θερμοκρασία ως μέτρο της θερμότητας που περιέχεται σε ένα σώμα.
- Οι νόμοι των αερίων, η ικανότητα των μαθητών να δημιουργούν γραφικές παραστάσεις που τους αναπαριστούν και οι εφαρμογές τους σε φαινόμενα της καθημερινότητας.
- Η εσωτερική ενέργεια των σωμάτων και οι μεταβλητές που την καθορίζουν, καθώς και οι σχέσεις των μεγεθών (έργο, θερμότητα, εσωτερική ενέργεια) και η σύνδεσή τους με την αρχή διατήρησης της ενέργειας.

3. Παρουσίαση των αποτελεσμάτων

3.1 Ποσοτική ανάλυση

Η αξιοπιστία εσωτερικής συνέπειας των απαντήσεων των μαθητών στο σύνολο των ερωτήσεων του τεστ εκτιμήθηκε μέσω του δείκτη α του Cronbach, ενώ η εσωτερική συνέπεια των ερωτήσεων κλειστού τύπου εκτιμήθηκε μέσω του δείκτη Kuder Richardson (KR-20). Στο pre-test οι δείκτες ήταν 0.85 για το α Cronbach και 0.77 για το KR-20, ενώ για το post test ήταν 0.79 και 0.76 αντίστοιχα. Δεδομένου ότι σύμφωνα με τις διεθνώς αποδεκτές τιμές η μετρήσιμη αξιοπιστία βρίσκεται εντός των ορίων (≥ 0.70), το ερωτηματολόγιο που δόθηκε στους μαθητές θεωρείται ότι πληροί τους κανόνες της εσωτερικής συνέπειας (Tavakol & Dennick, 2011).

Η στατιστική ανάλυση των απαντήσεων των μαθητών έδειξε σχετικά με τα αναπάντητα ερωτήματα ότι στο pre test οι μαθητές δεν απάντησαν σε 254 ερωτήματα (17,2% του συνόλου), ενώ στο post test δεν απαντήθηκαν 131 ερωτήματα (6,9%). Παρατηρήθηκε σημαντική μείωση του αριθμού των ερωτήσεων που έμειναν αναπάντητες στο post test (διευκρινίζεται ότι δεν εξετάζεται η ορθότητα ή μη των απαντήσεων, αλλά μόνον η ύπαρξη ή όχι απάντησης).



Εικόνα 4: Μέσος όρος Βαθμολογίας στα pre και post test (για διευκόλυνση έγινε κανονικοποίηση των τιμών με άριστα το 100)

Το μέγιστο σκορ των ορθών απαντήσεων στο κάθε τεστ είναι 56. Το σύνολο των ερωτήσεων είναι 27, ενώ ο αριθμός των συμμετεχόντων μαθητών είναι 70. Η συνολική βαθμολογία που πέτυχαν οι μαθητές παρουσιάζεται στην εικόνα 4. Ο μέσος όρος της βαθμολογίας στο pre test είναι 23,8 και στο post test 36, με άριστα το 56 πάντα. Είναι δηλαδή αυξημένος κατά 12,2 μονάδες ή κατά 22,7% στο post test. Ομοίως, η ελάχιστη βαθμολογία αυξήθηκε από τις 5 στις 14 μονάδες (αύξηση 16,1%), ενώ στο post test η μέγιστη βαθμολογία (55) σχεδόν άγγιξε το απόλυτο άριστα στο σκορ.

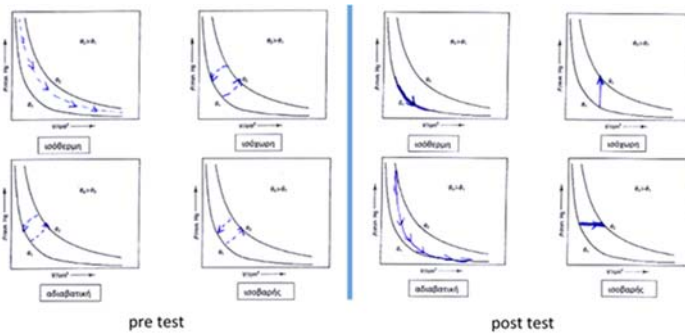
	Pre Test	Post Test
Αριθμός Μαθητών	70	70
Αριθμός Ερωτήσεων	27	27
Ολικό Σκορ	56	56
Μέσος όρος	23,8	36
Ελάχιστη Βαθμολογία	5	14
Μέγιστη Βαθμολογία	52	55
Βαθμολογία	Αριθμός Μαθητών	
Κλίμακα Α (47-56)	3	25
Κλίμακα Β (37-46)	13	24
Κλίμακα Γ (27-36)	16	7
Κλίμακα Δ (17-26)	22	11
Κλίμακα Ε (0-16)	16	3

Εικόνα 5: Ανάλυση Βαθμών στα pre και post test

Ενδιαφέρον παρουσιάζει η εξέταση της κλιμάκωσης της βαθμολογίας (βλ. εικόνα 5), όπου οι επιδόσεις των μαθητών κατηγοριοποιήθηκαν σε πέντε κλίμακες (Α: με σκορ από 47 έως 56, Β: με σκορ από 37 έως 46, Γ: με σκορ από 27 έως 36, Δ: με σκορ από 17 έως 26 και Ε: με σκορ από 16 και χαμηλότερα). Αναλυτικότερα, στο post test αυξήθηκε σημαντικά ο αριθμός των μαθητών των οποίων η επίδοση ανήκει στις υψηλότερες κλίμακες Α και Β: από 3 σε 25 (αύξηση 31,4%) για την κλίμακα Α και από 13 σε 24 (αύξηση 15,8%) για την κλίμακα Β. Αντίστοιχα, υπήρξε αξιοσημείωτη μείωση των χαμηλών βαθμολογιών, όπως αποδεικνύουν οι τιμές στις κλίμακες Δ και Ε: μείωση από 16 σε 3 (18,6%) για την κλίμακα Ε και από 22 σε 11 (15,8%) για την κλίμακα Δ. Τέλος σημειώθηκε και μία διαφοροποίηση της τάξης του 12,8% στην μεσαία κλίμακα Γ.

3.2 Ποιοτική Ανάλυση: Η συνέπεια των απαντήσεων

Η γενική παρατήρηση είναι ότι οι επιδόσεις των μαθητών στις ενότητες που αφορούν στη σχεδίαση γραφικών παραστάσεων ή σχετίζονταν με την παραγωγή οποιουδήποτε σχήματος, είχαν εντυπωσιακή βελτίωση στο post test. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελούν οι απαντήσεις ενός μαθητή στα δύο τεστ, όπου η βελτίωση είναι προφανής, καθώς από εντελώς λανθασμένες γραφικές παραστάσεις αρχικά, δημιούργησε εντελώς ορθές (εικόνα 6).



Εικόνα 6: Γραφικές παραστάσεις μεταβολών ιδανικών αερίων που σχεδίασε μαθητής (αριστερά εντελώς λανθασμένες, δεξιά εντελώς σωστές)

Αναλυτικότερα, στην ομάδα ερωτήσεων που αφορούσαν σε σχεδιασμό γραφικών παραστάσεων μεταβολών αερίων, η βελτίωση στη βαθμολογία ήταν πολύ μεγαλύτερη (εικόνα 7). Αυτό είναι λίγο ως πολύ αναμενόμενο, διότι, όπως αναφέρει ο Junglas (2006), με τη χρήση των διαγραμμάτων P-V στον υπολογιστή οι μεταβολές των παραμέτρων (P,V,T) μπορούν να παρατηρηθούν σε πραγματικό χρόνο και να μελετηθούν και εξηγηθούν ευκολότερα.

		ΙΣΟΘΕΡΜΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ		ΙΣΟΧΩΡΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ		ΑΔΙΑΒΑΤΙΚΗ ΜΕΤΑΒΟΛΗ		ΙΣΟΒΑΡΗΣ ΜΕΤΑΒΟΛΗ	
		Percent pre test	Percent post test	Percent pre test	Percent post test	Percent pre test	Percent post test	Percent pre test	Percent post test
Valid	ΛΑΘΟΣ	24,3	18,6	17,1	4,3	42,9	27,1	17,1	11,4
	ΣΩΣΤΟ	51,4	77,1	60,0	92,9	30,0	67,1	55,7	85,7
	Total	75,7	95,7	77,1	97,1	72,9	94,3	72,9	97,1
Missing	System	24,3	4,3	22,9	2,9	27,1	5,7	27,1	2,9
Total		100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0

Εικόνα 7: Ποσοστό σωστών/λανθασμένων απαντήσεων σε ομάδα ερωτήσεων που αφορούσε σε σχεδιασμό γραφικών παραστάσεων P-V

Ωστόσο, δεν παρατηρήθηκε η ίδια αύξηση της βαθμολογίας σε κρίσιμες ενότητες που αφορούν στην κατανόηση της Εσωτερικής Ενέργειας των σωμάτων και αρχής διατήρησης της ενέργειας μέσω του 1^{ου} Θερμοδυναμικού Νόμου. Χαρακτηριστικά σημειώνεται ότι, στην τελευταία και πιο σύνθετη ενότητα του ερωτηματολογίου, δόθηκε στους μαθητές μία εικονική πειραματική διάταξη που πραγματοποιεί μία αδιαβατική μεταβολή ιδανικού αερίου (με προφανείς αναφορές και ομοιότητες με τους κινητήρες εσωτερικής καύσης), και ζητήθηκε, σε ερώτηση δύο επιπέδων, η εφαρμογή του 1^{ου} Θερμοδυναμικού νόμου. Σημειώνεται δε ότι μεγάλο τμήμα της διδακτέας ύλης της Φυσικής Β΄ Λυκείου ομάδων προσανατολισμού θετικών σπουδών αφιερώνεται στην εφαρμογή του 1^{ου} Θερμοδυναμικού νόμου. Συνεπώς, οι απαντήσεις αποτελούν και ένα βαρόμετρο του αν όντως οι σπουδαστές της Β΄ Λυκείου μπορούν και πρέπει να διδάσκονται έννοιες αντίστοιχης πολυπλοκότητας. Εδώ διαπιστώθηκε ότι ποσοστό 58,6% στο pre test και ποσοστό 31,4% στο post test δεν απάντησαν καθόλου και ποσοστά 17,1% και 27,1% αντίστοιχα απάντησαν σωστά ή σχεδόν σωστά. Συμπερασματικά, αν και είναι βελτιωμένη η βαθμολογία μετά τη διδακτική παρέμβαση, αυτή η βελτίωση δεν είναι τόσο σημαντική.

Πέρα από το στόχο, που αφορούσε στην κατανόηση των φυσικών φαινομένων και το κατά πόσο αυτός επιτεύχθηκε κατά τη διάρκεια της διδασκαλίας, επιπρόσθετα αξιολογήθηκε η ικανοποίηση – δυσαρέσκεια από το είδος της διδακτικής παρέμβασης, η δεξιοτήτα χρήσης των υπολογιστών, η συνεργασία των μελών των ομάδων, καθώς και η ευχρηστικότητα και πληρότητα της υλικοτεχνικής υποδομής. Έτσι, παρατηρήθηκαν τα εξής:

- Αρχικά, οι μαθητές υπέβαλαν ερωτήματα σχετικά με το στόχο και το σκοπό της διδακτικής παρέμβασης και, όταν τους εξηγήθηκε με σαφήνεια τι πρόκειται να κάνουν, έδειξαν μεγάλη προθυμία συμμετοχής.
- Προσπάθησαν να κάνουν αυτό που τους ζητήθηκε, χωρίς να δημιουργήσουν προβλήματα ανυπακοής ή δυσαρέσκειας. Αντίθετα, έδειξαν ενδιαφέρον και προβληματισμό για την πορεία του μαθήματος, στάση που δεν ήταν η συνηθισμένη κατά τη διάρκεια του παραδοσιακού μαθήματος.
- Έδειξαν πολύ μεγαλύτερη υπευθυνότητα στο να πραγματοποιήσουν τις εικονικές πειραματικές διατάξεις, δίχως να προσπαθούν να παραποιήσουν τα αποτελέσματα ή να αντιγράψουν από άλλες ομάδες συμμαθητών τους.
- Ικανοποιήθηκαν από τη συνολική διαδικασία και σημείωσαν με έντονο τρόπο ότι θα επιθυμούσαν να πραγματοποιούνται συχνότερα πειράματα (εικονικά ή όχι), διότι γίνεται το μάθημα πιο ενδιαφέρον.
- Δεν αντιμετώπισαν κάποια δυσκολία στη χρήση των προσομοιώσεων, επιδεικνύοντας σημαντικές ικανότητες και δεξιότητες στη χρήση υπολογιστών.

- Συνεργάστηκαν ικανοποιητικά μέσα στις ομάδες τους. Ωστόσο, όταν διαπίστωναν αδυναμία στο να συμπληρώσουν τα φύλλα εργασίας, απευθύνονταν σχεδόν αμέσως στο διδάσκοντα για βοήθεια.

4. Συμπεράσματα

Η διδακτική παρέμβαση που έγινε είχε δύο στόχους: αφενός να κατανοήσουν οι μαθητές τις βασικές έννοιες της Θερμοδυναμικής, να συνειδητοποιήσουν τη χρησιμότητα της γνώσης των νόμων των αερίων, συνδέοντάς τους παράλληλα με καθημερινές τους εμπειρίες και αφετέρου να συνεργαστούν και να χρησιμοποιήσουν με εποικοδομητικό τρόπο τον υπολογιστή στη διαδικασία της μάθησης. Βασίστηκε στη χρήση προσομοιώσεων φαινομένων μέσω εικονικού εργαστηρίου, στην εργασία-συμπλήρωση φύλλων εργασίας με δραστηριότητες μέσω του H/Y και σε ερωτήσεις κατανόησης ή ερωτήσεις πρόκλησης γνωστικής σύγκρουσης στους μαθητές.

Μία πρώτη αξιολόγηση δείχνει ότι η διδακτική παρέμβαση άλλαξε σε ικανοποιητικό ποσοστό τις αρχικές ιδέες των μαθητών, αφού η συνολική διαφορά βαθμολογίας μεταξύ pre και post test ήταν 22,7%. Ωστόσο, για τις ερωτήσεις που υποστηρίχθηκαν από δραστηριότητες που ενέπλεκαν γραφικές παραστάσεις, η διαφορά της μέσης βαθμολογίας μεταξύ pre και post test ήταν αρκετά μεγαλύτερη, καθώς έφθασε σε κάποιες περιπτώσεις και το 37%. Από αυτή τη διαφοροποίηση αποδεικνύεται ότι το πλεονέκτημα της χρήσης των ψηφιακών τεχνολογιών στη διδασκαλία της διδασκόμενης ενότητας της Θερμοδυναμικής είναι η οπτικοποίηση των φαινομένων, που είτε εξελίσσονται γρήγορα είτε είναι δύσκολο να πραγματοποιηθεί με ακρίβεια σχετικό πείραμα, καθώς και οι γραφικές αναπαραστάσεις των φαινομένων.

Συνεπώς, η μελέτη που πραγματοποιήθηκε για τους συγκεκριμένους μαθητές της θετικής κατεύθυνσης των δύο λυκείων αναδεικνύει ότι ο υπολογιστής αποτελεί ένα εργαλείο που το καθιστά πολύτιμο στη διδασκαλία της φυσικής επιστήμης. Αυτό είναι εφικτό στη συγκεκριμένη διδακτική παρέμβαση, διότι στο σχολικό εργαστήριο φυσικών επιστημών σε πειράματα θερμοδυναμικής/θερμότητας μπορεί κάποιος να παρατηρήσει μόνο μακροσκοπικές μεταβολές, ενώ σε ένα εικονικό εργαστήριο μπορεί να παρατηρηθούν τα φαινόμενα και σε μικροσκοπική κλίμακα. Επιπρόσθετα, φαίνεται ότι η διδακτική παρέμβαση διαθέτει εκείνα τα μαθησιακά χαρακτηριστικά που δίνουν τη δυνατότητα στο μαθητή να ανακαλύψει και εφαρμόσει ως ένα βαθμό τα αποτελέσματα των πειραματικών διατάξεων που χρησιμοποίησε, αφού ο μαθητής ενθαρρύνεται να συμμετέχει, να συνεργαστεί ικανοποιητικά με την ομάδα του και να οικοδομήσει νέα γνώση. Άρα, η διαδραστική εφαρμογή προσομοίωσης που χρησιμοποιήθηκε, κρίθηκε ως εύκολη στη χρήση, ενεργοποίησε το ενδιαφέρον των μαθητών, συνέβαλε στην ανάπτυξη δεξιοτήτων και πιθανώς να βοήθησε και στην εμπάθυνση των επιστημονικών εννοιών. Είναι πάντως σημαντικό να τονιστεί πως ο σκοπός της έρευνας δεν ήταν να διαπιστώσει αν οι μαθητές απέκτησαν καινούρια

γνώση, αλλά να τους βοηθήσει να εμβαθύνουν στις έννοιες που ήδη γνώριζαν από την παραδοσιακή διδασκαλία.

Μελλοντικά, αυτή η διδακτική παρέμβαση θα μπορούσε να εφαρμοστεί σε μεγαλύτερο αριθμό μαθητών και να συμβάλει στην εξαγωγή αποτελεσμάτων ευρύτερου χαρακτήρα. Όμως, για να επιτευχθεί ο στόχος, που δεν είναι άλλος από την ορθότερη και αποτελεσματικότερη διδασκαλία, εκτός από τη χρήση των ΤΠΕ στη διδακτική της Θερμοδυναμικής, πρέπει να απαντηθούν βαθύτερα ερωτήματα όπως: Η γνώση που προσφέρεται στους μαθητές της Β΄ Λυκείου, από τα βιβλία και σύμφωνα με το αναλυτικό πρόγραμμα, είναι άρτια, συνεπής και πλήρης; Μπορεί να συνδυάζονται η μακροσκοπική και η μικροσκοπική θεώρηση της Θερμοδυναμικής με ευκολία; Απευθύνεται σε παιδιά της Β΄ Λυκείου που έχουν προετοιμαστεί γνωστικά από προηγούμενες τάξεις ώστε να δύνανται να την κατανοήσουν;

Αναφορές

- Anderson, E., Taraban, R., Sharma, M.P. (2005). *Implementing and Assessing Computer-based Active Learning Materials in Introductory Thermodynamics*, Int. J. Engng Ed. Vol. 21, No. 6, pp. 1168 – 1176, 2005 Printed in Great Britain. TEMPUS Publications
- Arnold, M. and Millar, R. (1996). Learning the scientific ‘story’: A case study in the learning of elementary thermodynamics. *Science Education*, 80, 249-281.
- Ben-Zvi, R. (1999). Non-science oriented students and the second law of thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 21, 1251-1267.
- De Berg, K.C. (1995). Student understanding of the volume, mass, and pressure of air within a sealed syringe in different states of compression. *Journal of Research in Science Teaching* 32(8), 871-884
- Hakim A. et al, (2017). Interactive Multimedia Thermodynamics to Improve Creative Thinking Skill of Physics Prospective Teachers. *Jurnal Pendidikan Fisika Indonesia*, 13 (1) (2017) 33-40
- Harisson, A. (1996). Student Difficulties in Differentiating Heat and Temperature. Paper presented in 21st Annual Conference of the Western Australian Science Education Association, Perth, November, 1996
- Junglas, P. (2006). Simulation Programs for Teaching Thermodynamics. *Global Journal of Engineering Education Vol.10, No.2*
- Kamcharean, C., Wattanakasiwich, P. (2016). Development and Implication of a Two-tier Thermodynamic Diagnostic Test to Survey Students’ Understanding in Thermal Physics. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 24(2), 14-36, 2016

- Kesidou, S., & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics—an interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30, 85-106.
- Lewis, E. L., Stern J. L., Linn, M.C. (1993). The Effect of Computer Simulations on Introductory Thermodynamics Understanding. *Educational Technology* Vol. 33, No. 1 (January 1993), pp. 45-58 Published by: Educational Technology Publications, Inc. Page Count: 14
- Loverude, M., Kautz, C., Heron, P., (2002). Student understanding of the first law of thermodynamics: Relating work to the adiabatic compression of an ideal gas. *American Association of Physics Teachers*. 70(2), February 2002.
- Meli, K, Koliopoulos, D., Lavidas, K., Papalexidou, G. (2016). Upper secondary school students' understanding of adiabatic compression. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 10(2), 131-147, 2016.
- Meltzer, D. E. (2004). Investigation of students' reasoning regarding heat, work, and the first law of thermodynamics in an introductory calculus-based general physics course. *American Association of Physics Teachers*, 72(11), November 2004.
- OECD (2017d), *PISA 2015 Results in Focus, PISA, OECD Publishing*. Available in: <https://www.oecd.org/pisa/pisa-2015-results-in-focus.pdf>
- Saricayir H., Selahattin A., Arif C., Gokhan C., Musa U. (2016). Determining Students' Conceptual Understanding Level of Thermodynamics. *Journal of Education and Training Studies* Vol. 4, No. 6; June 2016
- Sokrat, H., Tamani, S., Moutaabbid, M., & Radid, M. (2014). 5 th World Conference on Educational Sciences - WCES 2013 Difficulties Of Students From The Faculty Of Science With Regard To Understanding The Concepts Of Chemical Thermodynamics.
- Tavakol, M., & Dennick, R. (2011). Making sense of Cronbach's alpha. *International journal of medical education*, 2, 53.
- Viennot, L. (1998). *Experimental facts and ways of reasoning in thermodynamics: Learners' common approach*. In: Tiberghien, A., Jossem, E., Barojas, J.: Connecting research in physics education. An I.C.P.E. Book © International Commission on Physics Education 1997, 1998. Available in: <https://www.univie.ac.at/pluslucis/Archiv/ICPE/C3.html>
- Wattanakasiwich, P., Taleab, P., Sharma, M.D., Johnston, I.D. (2013). Development and Implementation of a Conceptual Survey in Thermodynamics. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 21(1), 29-53.
- Α.ΔΙ.Π.Π.Δ.Ε. (2019). Ετήσια Έκθεση της Α.ΔΙ.Π.Π.Δ.Ε. Αθήνα. Γενική επιμέλεια: Ηλίας Γ. Μαρσαγγούρας. Διαθέσιμη στο δικτυακό τόπο: www.adippde.gr

- Γκαράς, Γ., Δημητρακοπούλου, Κ. (2016). Διερευνητική Μάθηση με την Εφαρμογή “Gas Properties” του UCB. *Πρακτικά Εργασιών 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου για την Προώθηση της Εκπαιδευτικής Καινοτομίας*, Λάρισα 21-23 Οκτωβρίου 2016.
- Κυριακόπουλος Ν., (2013). ΤΠΕ και εργαστηριακή διδασκαλία. Δύο διδακτικές προσεγγίσεις για τη διδασκαλία των νόμων των αερίων. *Επιστημονικό Εκπαιδευτικό Περιοδικό «Εκπ@ιδευτικός Κύκλος»*, Τόμος 1, Τεύχος 1, 2013
- Μελή, Κ. (2015). Διπλωματική Εργασία. ΠΜΣ Διδακτική Φυσικών Επιστημών. Πανεπιστήμιο Πατρών. “Κατασκευάζοντας μια εκπαιδευτική υπολογιστική προσομοίωση για τις θερμοδυναμικές μεταβολές ιδανικών αερίων”. Ανακτήθηκε από: <https://www.academia.edu/27074548>
- Ψύλλος, Δ., et al. (2000). Σύνθετο Εικονικό Περιβάλλον (ΣΕΠ) για τη διδασκαλία Θερμότητας-Θερμοδυναμικής. Στο Β. Κόμης (επ.) *Πρακτικά 2ου Πανελληνίου Συνεδρίου, Οι Τεχνολογίες της Πληροφορίας και της Επικοινωνίας στην Εκπαίδευση*, 331-340, Πάτρα

Abstract

This research studies the results of Information and Communication Technologies (ICT) in the teaching of basic concepts of Thermodynamics. The research involved 70 high school students and the experiment was used as a research method, by completing pre and post test by students, before and after the implementation of a properly designed teaching intervention using ICT. The hypothesis was that the computer simulation of the phenomena would help students in learning the energy concept and the distinction between heat and temperature, and the results were encouraging. This research could be extended to different areas of Physics and carried out on a larger number of students, possibly for a longer period of time.

Keywords: ICT, STEM, Thermodynamics, simulations, teaching techniques.