

Οι νοητικές παραστάσεις των μαθητών της Β' Λυκείου για την αδιαβατική συμπίεση

Περίληψη

Η παρούσα έρευνα αναφέρεται στις νοητικές παραστάσεις που έχουν οι μαθητές της Β' Λυκείου για εισαγωγικές έννοιες της θερμοδυναμικής και ειδικά για τον πρώτο θερμοδυναμικό νόμο (ΠΘΝ), επικεντρώνοντας στις εξηγήσεις που παρέχουν μετά από την πραγματική αναπαράσταση μιας αδιαβατικής συμπίεσης. Τα κυριότερα αποτελέσματα ήταν πως η πλειονότητα αξιοποιεί εναλλακτικά εννοιολογικά πλαίσια, δηλαδή ο ΠΘΝ απαξιώνεται ιδιαίτερα και εστιάζουν στη φαινομενολογία.

Abstract

The present study refers to second year upper secondary school students' conceptions on elementary thermodynamics and especially the First Law of Thermodynamics (FLT), focusing on their explanations of a real situation representing an adiabatic compression. The main results were that the majority utilized alternative frameworks, namely FLT was highly disregarded and they focused on the phenomenology of the situation.

1. Εισαγωγή

Η θερμοδυναμική συνιστά μια γενική ενεργειακή θεωρία, που διδάσκει τη διαφοροποίηση των μορφών ενέργειας και διευκρινίζει τις συνθήκες και τα όρια για τη μετατροπή τους κατά τα φυσικά φαινόμενα και τις τεχνικές διεργασίες (Baehr, 2007, σ. 7). Ο πρώτος θερμοδυναμικός νόμος (ΠΘΝ) είναι θεμέλιος λίθος για τη θεωρία αυτή, καθώς εκφράζει τη διατήρηση της ενέργειας και η αδιαβατική συμπίεση ενός ιδανικού αερίου συνιστά μια περίπτωση εφαρμογής του.

Τα παραπάνω αποτελούν μέρος των όσων διδάσκονται στην ενότητα της θερμοδυναμικής τόσο στη δευτεροβάθμια εκπαίδευση όσο και στα πανεπιστήμια στα εισαγωγικά μαθήματα του πρώτου έτους. Ειδικά για τους φοιτητές, αρκετές είναι οι έρευνες που εξετάζουν πώς αυτοί αντιλαμβάνονται τα φυσικά φαινόμενα που εμπίπτουν στον ΠΘΝ και ποια εναλλακτικά πλαίσια προτείνουν για την ερμηνεία τους (Kautz, Heron, Loverude, & McDermott, 2005; Leinonen, Asikainen, & Hirvonen, 2012; Leinonen, Raesaenen, Asikainen, & Hirvonen, 2009; Loverude, Kautz, & Heron, 2002; Rozier & Viennot, 1991). Από την άλλη μεριά, ανάλογες εργασίες για μαθητές είναι σχεδόν ανύπαρκτες, καθώς στο επίπεδο αυτό οι ερευνητές εστιάζουν σε πιο βασικά ζητήματα όπως πχ στη διαφορά θερμοκρασίας και θερμότητας (Σκουμιός & Χατζηνικήτα, 2000; Arnold & Millar, 1994; Erickson, 1979; Kesidou & Duit, 1993). Σκοπός της παρούσας έρευνας είναι να επεκτείνει το πεδίο προβληματισμού για τη δευτεροβάθμια εκπαίδευση και να εξετάσει τις νοητικές παραστάσεις των μαθητών της Β' Λυκείου για την αδιαβατική συμπίεση.

Υπόψη χρειάζονται να ληφθούν τα αποτελέσματα των ερευνών για τις νοητικές παραστάσεις των φοιτητών διότι, αφενός, η εισαγωγική θερμοδυναμική που διδάσκεται στα πανεπιστήμια είναι παρόμοια με τα μαθήματα θερμοδυναμικής της Θετικού Προσανατολισμού της Β' Λυκείου, και, αφετέρου, οι συλλογισμοί φοιτητών και μαθητών Λυκείου είναι συγγενικοί, τουλάχιστον για το συγκεκριμένο αντικείμενο (Rozier & Viennot, 1991; Tiberghien, 1994).

Οι Leinonen et al. (2012) και οι Loverude et al. (2002) σημειώνουν ότι μικρό ποσοστό των φοιτητών απαντούν με μια επιθυμητή προσέγγιση του ΠΘΝ, ενώ η πλειονότητα χρησιμοποιεί με ελλιπή ή ανακριβή τρόπο μικροσκοπικά μοντέλα ή την καταστατική εξίσωση των ιδανικών αερίων (ΚΕΙΑ). Σε μια παρόμοια έρευνα των Leinonen et al. (2009) οι φοιτητές φαίνεται να είναι πολύ πιο εξοικειωμένοι με την ΚΕΙΑ παρά με τον ΠΘΝ και συχνά τη συνδυάζουν με τα μικροσκοπικά μοντέλα στις εξηγήσεις τους, ενώ επιπλέον φαίνεται να συγχέουν την αδιαβατική μεταβολή με την ισόθερμη. Οι Kautz et al. (2005) διαπιστώνουν δυσκολία με τις θερμοδυναμικές έννοιες και χρήση ανακριβών μακροσκοπικών μοντέλων που πηγάζουν σε ατελή μικροσκοπικά.

2. Μεθοδολογία

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο Γενικό Λύκειο Καστριτσίου (Αχαΐα), σε τρία τμήματα Θετικού Προσανατολισμού της Β' Λυκείου με συνολικά 54 μαθητές και μαθήτριες, αφότου είχαν διδαχθεί την ΚΕΙΑ, τα μικροσκοπικά μοντέλα της κινητικής θεωρίας αερίων και τον ΠΘΝ, συμπεριλαμβανομένης της εφαρμογής του στις αδιαβατικές μεταβολές.

Ένας από τους ερευνητές (εκπαιδευτικός φυσικός) πραγματοποίησε μια διδακτική παρέμβαση, στη διάρκεια της οποίας υπενθύμισε στους μαθητές τη θεωρία και στη συνέχεια παρουσίασε μια κατά προσέγγιση αδιαβατική συμπίεση ιδανικού αερίου. Η επίδειξη αυτή έγινε με τη χρήση ενός γυάλινου σωλήνα κλεισμένου με έμβολο που περιείχε ένα μικρό κομμάτι χαρτί, το οποίο αναφλέχθηκε όταν το έμβολο συμπίεστηκε απότομα. Οι μαθητές κλήθηκαν να απαντήσουν γραπτά στην ερώτηση «γιατί υπήρξε ανάφλεξη του χαρτιού μέσα στο δοχείο;». Οι απαντήσεις τους εντάχθηκαν σε κατηγορίες κατόπιν συζητήσεων μεταξύ των ερευνητών.

3. Αποτελέσματα

Τα δεδομένα που παρουσιάζονται αποτελούν ένα μέρος από αυτά που προέκυψαν συνολικά (Meli, Koliopoulos, Lavidas, & Papalexiou, 2016). Από τις απαντήσεις των μαθητών σχηματίστηκαν έξι κατηγορίες εξηγήσεων-εναλλακτικών πλαισίων, εκ των οποίων οι δύο χωρίστηκαν σε δύο υποκατηγορίες για «σωστή/ολοκληρωμένη» και «λανθασμένη/ελλιπής» απάντηση (Πίνακας 1). Ορισμένες από τις κατηγορίες εμφανίζονται στη σχετική βιβλιογραφία για τους φοιτητές (ΠΘΝ, ΚΕΙΑ, Μικροσκοπικό επίπεδο) και εμπλουτίστηκαν για να συμπεριλάβουν τις υπόλοιπες απαντήσεις των μαθητών που εμφανίζονταν σε σημαντικά ποσοστά (Φαινομενολογία, Χημεία). Να σημειωθεί ότι η πλειονότητα των μαθητών αξιοποίησαν στις απαντήσεις τους περισσότερες από μία κατηγορίες εξηγήσεων.

Πίνακας 1: Κατηγορίες/υποκατηγορίες εξηγήσεων και αντίστοιχες συχνότητες

Κατηγορίες	Υποκατηγορίες	Συχνότητα υποκατηγοριών	Συχνότητα κατηγοριών
Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος	Σωστή	2	16
	Λανθασμένη/Ελλιπής	14	
Καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων	Ολοκληρωμένη	5	24
	Ελλιπής	19	
Μικροσκοπικό επίπεδο			15
Φαινομενολογία			23
Χημεία			12
Άλλο			3

Πρώτος θερμοδυναμικός νόμος. Χρήση φυσικών μεγεθών που σχετίζονται με την ενέργεια του συστήματος και με τον τρόπο που αυτή μεταφέρεται ή μετατρέπεται. Παράδειγμα λανθασμένης χρήσης του ΠΘΝ είναι το εξής: «Κατά το πείραμα έγινε απότομη συμπίεση του αερίου, άρα υπάρχει εσωτερική ενέργεια, ταυτόχρονα παράγεται έργο. Το μικρό χρονικό διάστημα και η πίεση που δίνεται από το έμβολο θα δώσουν θερμότητα στο χαρτί κι έτσι αυτό θα καεί».

Καταστατική εξίσωση ιδανικών αερίων. Αξιοποίηση της ΚΕΙΑ, δηλαδή της σχέσης μεταξύ όγκου, πίεσης και θερμοκρασίας. Πρέπει να σημειωθεί ότι η αλλαγή αυτών των καταστατικών μεγεθών σε μια αδιαβατική μεταβολή δεν μπορεί να εξηγηθεί ποιοτικά με χρήση της ΚΕΙΑ, παρόλα αυτά ορισμένοι μαθητές κατάφεραν να φτάσουν σε ένα σωστό συμπέρασμα μέσω αυτής. Για παράδειγμα: «Μέσα στο δοχείο μειώθηκε ο όγκος άρα αυξήθηκε η πίεση και η θερμοκρασία (τα mol του αερίου είναι σταθερά)».

Μικροσκοπικό επίπεδο. Αναφορά στο μικροσκοπικό επίπεδο του αερίου, με κύριο άξονα την κινητική ενέργεια των σωματιδίων του αέρα και τη σύγκρουσή τους με το χαρτί ή το δοχείο. Χαρακτηριστική είναι η παρακάτω απάντηση: «Λόγω της πίεσης τα μόρια του αέρα απέκτησαν κινητική ενέργεια και αυξήθηκαν οι δυνάμεις που ασκούν στα τοιχώματα του δοχείου με αποτέλεσμα την παραγωγή ενέργειας».

Φαινομενολογία. Απλή περιγραφή της επίδειξης που πραγματοποιήθηκε με όρους φυσικής (πχ μείωση του όγκου, αύξηση της πίεσης κλπ) χωρίς να αναδύεται κάποιο επεξηγηματικό πλαίσιο από αυτήν. Ένα παράδειγμα είναι το εξής: «Μέσα στο δοχείο με τη γρήγορη συμπίεση ανέβηκε απότομα η θερμοκρασία με αποτέλεσμα την ανάφλεξη του χαρτιού».

Χημεία: Χημικές αντιδράσεις ανάμεσα στον αέρα και στο χαρτί, με επικρατούσα την καύση. Για παράδειγμα: «Με την απότομη συμπίεση τα μόρια του αέρα (που περιέχουν οξυγόνο) κινήθηκαν πιο γρήγορα, άρα αυξήθηκαν οι συγκρούσεις του οξυγόνου με το χαρτί με αποτέλεσμα να υπάρχει οξυγόνο και να καεί το χαρτί».

Άλλο. Απαντήσεις που δεν εντάχθηκαν σε μία από τις προηγούμενες κατηγορίες ή δεν έβγαζαν κάποιο συγκεκριμένο νόημα, όπως η εξής: «Αλλάζοντας την πίεση άλλαξαν και οι φυσικές σταθερές με αποτέλεσμα να καίγεται το χαρτάκι σε χαμηλότερη θερμοκρασία».

4. Συμπεράσματα

Η πλειονότητα του δείγματος των μαθητών φαίνεται πως παραβλέπει τον ΠΘΝ ως εξήγηση για την αδιαβατική συμπίεση. Οι περισσότεροι απ' όσους χρησιμοποίησαν ενεργειακούς όρους παρέλειψαν την αναφορά της εσωτερικής ενέργειας, κυρίως επειδή φαίνεται να θεώρησαν ότι δε σχετίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας, σε αντίθεση με τη θερμότητα. Από τα εναλλακτικά πλαίσια εξηγήσεων υπάρχει προτίμηση στην ΚΕΙΑ και στη φαινομενολογία της μεταβολής, οι οποίες περιλαμβάνουν μεγέθη τα οποία είναι άμεσα αντιληπτά και διαχειρίσιμα. Οι απαντήσεις που ενέπλεκαν το μικροσκοπικό και το χημικό επίπεδο πιθανά αντικατοπτρίζουν την προσπάθεια των μαθητών να παρέχουν την «απόλυτη» εξήγηση του φαινομένου. Οι νοητικές αυτές παραστάσεις ίσως επηρεάζονται από τη σειρά που διδάσκονται τα διάφορα μοντέλα, αλλά και από τη βαρύτητα που δίνεται στο καθένα.

Η σύγκριση μεταξύ των αποτελεσμάτων για τους μαθητές και της βιβλιογραφίας για τους φοιτητές αναδεικνύει ότι οι απαντήσεις είναι αντίστοιχες, αλλά από τους μαθητές αναδύονται περισσότερες κατηγορίες εναλλακτικών εξηγήσεων. Η επίδειξη της αδιαβατικής συμπίεσης φανερώνει τη δυσκολία των μαθητών να συσχετίσουν τις θεωρητικές τους γνώσεις με μια πραγματική κατάσταση, αλλά από την άλλη μεριά μπορεί καθεαυτή να αποτέλεσε εμπόδιο και να οδήγησε σε πιο αποπροσανατολισμένες απαντήσεις, σε αντίθεση με αυτές των φοιτητών που σε όλες τις περιπτώσεις αποκρίνονταν σε μόνο γραπτά διατυπωμένο πρόβλημα. Μπαίνει λοιπόν το ερώτημα για την καταλληλότητα των διάφορων μορφών αναπαράστασης που προτείνονται στους μαθητές (Μέλη, 2015).

5. Βιβλιογραφία

- Μέλη, Κ. (2015). *Κατασκευάζοντας μια υπολογιστική προσομοίωση για τις θερμοδυναμικές μεταβολές ιδανικών αερίων: επιστημολογικές και διδακτικές προσεγγίσεις*. Πανεπιστήμιο Πατρών. Retrieved from <http://nemertes.lis.upatras.gr/jspui/handle/10889/9016>
- Σκουμιός, Μ., & Χατζηνικήτα, Β. (2000). Μοντέλα μαθητών για θερμότητα, θερμοκρασία και θερμικά φαινόμενα. *Επιθεώρηση Φυσικής*, 31, 58–71.
- Arnold, M., & Millar, R. (1994). Children's and lay adults' views about thermal equilibrium. *International Journal of Science Education*, 16(4), 405–419. <http://doi.org/10.1080/0950069940160403>
- Baehr, H.-D. (2007). *Θερμοδυναμική: Εισαγωγή στα θεμελιώδη και στις τεχνικές εφαρμογές*. (Κ. Ν. Παττάς, Ed.). Θεσσαλονίκη: Εκδόσεις Γιαχούδη.
- Erickson, G. L. (1979). Children's conceptions of heat and temperature. *Science Education*, 63(2), 221–230. <http://doi.org/10.1002/sce.3730630210>
- Kautz, C. H., Heron, P. R. L., Loverude, M. E., & McDermott, L. C. (2005). Student understanding of the ideal gas law, Part I: A macroscopic perspective. *American Journal of Physics*, 73(11), 1055–1063. <http://doi.org/10.1119/1.2049286>
- Kesidou, S., & Duit, R. (1993). Students' conceptions of the second law of thermodynamics—an interpretive study. *Journal of Research in Science Teaching*, 30(1), 85–106. <http://doi.org/10.1002/tea.3660300107>
- Leinonen, R., Asikainen, M. a., & Hirvonen, P. E. (2012). University Students Explaining Adiabatic Compression of an Ideal Gas-A New Phenomenon in Introductory Thermal Physics. *Research in Science Education*, 42(6), 1165–1182. <http://doi.org/10.1007/s11165-011-9239-0>
- Leinonen, R., Raesaenen, E., Asikainen, M., & Hirvonen, P. E. (2009). Students' pre-knowledge as a guideline in the teaching of introductory thermal physics at university. *European Journal of Physics*, 30(3), 593–604. <http://doi.org/10.1088/0143-0807/30/3/016>
- Loverude, M. E., Kautz, C. H., & Heron, P. R. L. (2002). Student understanding of the first law of thermodynamics: Relating work to the adiabatic compression of an ideal gas. *American Journal of Physics*, 70(2), 137–148. <http://doi.org/10.1119/1.1417532>
- Meli, K., Koliopoulos, D., Lavidas, K., & Papalexiou, G. (2016). Upper secondary school students' understanding of adiabatic compression. *Review of Science, Mathematics and ICT Education*, 10(2), 131–147.
- Rozier, S., & Viennot, L. (1991). Students' reasonings in thermodynamics. *International Journal of Science Education*, 13(2), 159–170. <http://doi.org/10.1080/0950069910130203>
- Tiberghien, A. (1994). Modeling as basis for analyzing teaching-learning situations. *Learning and Instruction*, 4, 71–87.