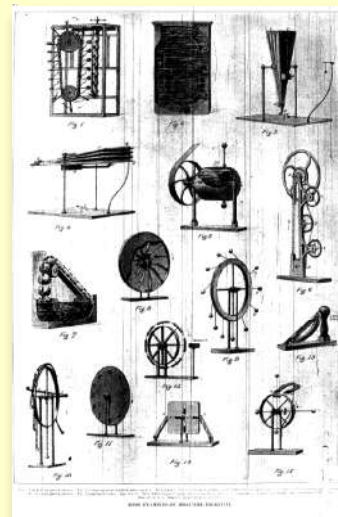


7ο Πανελλήνιο Συνέδριο

«Η Ιστορία και Φιλοσοφία των Επιστημών στη Διδασκαλία των Φυσικών Επιστημών»

Μια καινοτομική διδακτική προσέγγιση της ενέργειας με την βοήθεια ανακατασκευασμένων (replicated) αεικίνητων

Γεώργιος Πολυζώης, Φυσικός - Δρ. Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών
Αναστάσιος Νέζης, Φυσικός



Μια καινοτομική διδακτική προσέγγιση της ενέργειας με την βοήθεια ανακατασκευασμένων (replicated) αεικίνητων

Γεώργιος Πολυζώης, Φυσικός - Δρ. Διδακτικής των Φυσικών Επιστημών
Αναστάσιος Νέζης, Φυσικός

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Μεγάλος αριθμός εκπαιδευτικών ερευνών (Blanco & Niaz, 1997. Bianchini & Colburn, 2000. McComas, 2004) αξιοποίησε την Ιστορία των Φυσικών Επιστημών (ΙΦΕ) ως πλαίσιο για την επίτευξη διαφόρων ερευνητικών και μαθησιακών στόχων.

Η παρούσα εργασία ανήκει σε αυτό το είδος των ερευνών και με αυτή την έννοια η θεματική της εντάσσεται στο γενικότερο πλαίσιο της αναζήτησης μεθόδων, εργαλείων και πρακτικών από τον χώρο της ΙΦΕ, τα οποία μπορούν να διαφοροποιήσουν την επικρατούσα άποψη ότι οι Φυσικές Επιστήμες (ΦΕ) είναι δύσκολες, απευθύνονται σε λίγους και παραμένουν τελικά αδιάφορες για την πλειονότητα των μαθητών.

Η προσέγγισή μας σχετίζεται με τη χρήση απλών ανακατασκευών (ρεπλίκες) στη διδακτική διαδικασία του Λυκείου με θέμα την ενέργεια.

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΠΛΑΙΣΙΟ

1) Η ενέργεια και η διατήρησή της στην επιστήμη και την εκπαίδευση.

Η ενέργεια συγκαταλέγεται μεταξύ των ιδεών του «σκληρού πυρήνα» (core ideas) των Φυσικών Επιστημών (ΦΕ) και είναι ίσως κατά τον Hewitt (2009) η πιο κεντρική έννοια σε όλες τις ΦΕ. Τέτοιες μεγάλες ιδέες (big ideas) των ΦΕ (όπως η ενέργεια, η εξέλιξη, η μάζα) θεωρούνται ενοποιητικές, θεμελιώδεις και περιεκτικές όσον αφορά στην οργάνωση των εν λόγω επιστημών (AAAS, 1993. NRC, 1996).

Η αρχή διατήρησης της ενέργειας (ΑΔΕ) είναι ένας θεμελιώδης νόμος και παρέχει το πλαίσιο (συγκεκριμένο) για την κατανόηση της ενέργειας ως όρου που αξιοποιείται όχι μόνον από επιστήμονες και εκπαιδευτικούς, αλλά και από μηχανικούς, οικονομολόγους, γιατρούς, καθώς και στο δημόσιο λόγο γενικότερα. Έτσι, η κατανόηση της ΑΔΕ προβάλλει ως ένας παγκόσμιος στόχος, ο οποίος πρέπει να κατακτηθεί (Tobin, Crissman, Doubler, Gallagher, Goldstein, Rogers, Schwartz, Wagoner, 2011). Το διαφορετικό ερευνητικό ενδιαφέρον που προέρχεται από τις διαφορετικές επιστημονικές περιοχές, όπως αυτές των ΦΕ, της Μηχανολογίας, της Ιατρικής, καθώς και ο πλουραλισμός των απόψεων που εκφράζονται από την κάθε ερευνητική περιοχή δίνουν στην ΑΔΕ μια αξιοπρόσεκτα περίπλοκη φυσιογνωμία (Speltini & Ure, 2002).

Ιστορικά τέσσερεις αρχές διατήρησης έχουν ολοκληρωθεί, συμπεριλαμβανομένης και της ΑΔΕ. Η αρχή διατήρησης της ορμής, τον 17ο αιώνα, η αρχή διατήρησης του ηλεκτρικού φορτίου, στα μέσα του 18ου αιώνα, η αρχή διατήρησης της μάζας, στα τέλη του 18ου αιώνα, και η ΑΔΕ, στα μέσα του 19ου αιώνα (Cohen, 1974). Όμως αντίθετα με τις άλλες αρχές διατήρησης, η ΑΔΕ δεν συνδέεται με συγκεκριμένες επιστημονικές παρατηρήσεις ή με μια συγκεκριμένη και χρονικά εντοπισμένη ανακάλυψη (Lindsay, 1975). Ο Lijnse (1990) θεωρεί την ενέργεια ως μέρος μιας συνεκτικής θεωρίας που κατασκευάστηκε κατ' αντιδιαστολή με τις εμπειρίες της πραγματικής ζωής. Ως προς την εννοιολόγηση του όρου «ενέργεια»

χαρακτηριστικές παραμένουν οι απόψεις του Feynman (1998): «Υπολογίζουμε την τιμή διάφορων ειδών ενέργειας... αν αθροίσουμε αυτούς τους αριθμούς των διαφορετικών μορφών ενέργειας, δίνουν πάντα το ίδιο άθροισμα... έτσι υπάρχει ένας αριθμός που δεν αλλάζει με όποιο τρόπο και αν υπολογιστεί» και αλλού προσθέτει: «στη Φυσική δεν γνωρίζουμε τι είναι ενέργεια».

II) Η συνήθης προσέγγιση

Στα σχολικά εγχειρίδια, η ενέργεια ορίζεται ως η ικανότητα παραγωγής έργου και το έργο ορίζεται ως το γινόμενο της δύναμης επί την μετατόπιση του σημείου εφαρμογής της[1]. Αυτός ο ορισμός εμφανίζεται στα σχολικά βιβλία του Λυκείου που πραγματεύονται την ενέργεια στο κεφάλαιο της Μηχανικής. Παρότι ο Waren (1983) ισχυρίζεται ότι η ενέργεια δεν μπορεί να διδαχθεί αν δεν έχουν προηγουμένως κατακτηθεί οι έννοιες της δύναμης και του έργου, η ενέργεια εισάγεται ήδη στα αναλυτικά προγράμματα των ΦΕ του Δημοτικού. Η εισαγωγή αυτή γίνεται συνήθως χωρίς σύνδεση με την εμπειρία και την πρακτική, αλλά με τη βοήθεια μόνον θεωρητικών εξηγήσεων, ενώ παράλληλα αγνοούνται τα πλαίσια της διερώτησης (contexts of inquiry) (Stinner, 1989).

Η ΑΔΕ συνδέεται με πολύ πλούσιες ιστορικές αναφορές, με τις οποίες οι μαθητές συνήθως δεν εξοικειώνονται ποτέ. Οι δάσκαλοι των ΦΕ πρέπει να εξασφαλίζουν και να ενθαρρύνουν δραστηριότητες που παρέχουν στους μαθητές μια ικανοποιητική κατανόηση του ιστορικού πλαισίου, καθώς και της γνώσης του «από πού προήλθαν οι τύποι». Μια τέτοια διδακτική προσέγγιση κάνει τις ΦΕ πιο συνεκτικές και τους προσδίδει «ζωντάνια».

Στις προσεγγίσεις που χρησιμοποιούν στοιχεία από την Ιστορία των Φυσικών Επιστημών (ΙΦΕ) ασκείται κριτική και εκφράζεται σκεπτικισμός για την αποτελεσματικότητά τους. Οι Misgeld, Ohly & Strobl (2000), αν και δεν αναφέρονται στην ενέργεια, παρατηρούν ότι οι ιστορικές προσεγγίσεις δεν μπορούν να εφαρμοστούν στη Δευτεροβάθμια Εκπαίδευση χωρίς μια ευρέως τύπου αναθεώρηση. Ο Heering (2000) αναφέρεται στο χάσμα που εμφανίζεται μεταξύ μιας διδακτικής του προσέγγισης, η οποία αξιοποιούσε στοιχεία από την ΙΦΕ, και των προσδοκιών των μαθητών της Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης. Το χάσμα αυτό δεν αφορούσε στη λιγιστή γνώση των μαθητών ή στην έλλειψη ενδιαφέροντος από μέρος τους, αλλά στην κριτική τους διάθεση και στο σκεπτικισμό που ανέπτυξαν σε βαθμό ανώτερο του αναμενόμενου. Επιπλέον, ο επηρεασμός τους από τον παραδοσιακό τρόπο διδασκαλίας ήταν τόσο βαθύς, ώστε να στοιχεία από την ΙΦΕ έπρεπε να αναδιοργανωθούν εκ βάθρων προκειμένου να προκαλέσουν αύξηση του ενδιαφέροντος για τις ΦΕ.

III) Αντιλήψεις των μαθητών για την ενέργεια

Η διδασκαλία και η μάθηση της ενέργειας στο Λύκειο είναι δύσκολο εγχείρημα και πολλαπλές έρευνες[2] αναδεικνύουν ότι δεν υπάρχει κάποια προτιμητέα προσέγγιση. Ο αφαιρετικός και χωρίς δυνατότητα απευθείας μέτρησης ή μέτρησης με έμμεσο, αλλά εύκολα προσπελάσιμο από τους μαθητές, τρόπο, χαρακτήρας της έννοιας της ενέργειας, περιπλέκει τη διδασκαλία της, καθώς, τελικά, απαιτούνται για τον υπολογισμό της άλλες μετρήσιμες ποσότητες, όπως η θέση, η ταχύτητα ή η θερμοκρασία (Tobin et. al.,2011). Οι Lee & Liu (2009) αναφέρουν ότι η κατανόηση της έννοιας της ενέργειας εμπλέκει την

κατανόηση των πηγών της, τη δυνατότητα μεταφοράς και μετασχηματισμού της, τη διατήρησή της και τέλος την υποβάθμισή της. Επιπροσθέτως, οι μαθητές πρέπει να καταστούν ικανοί να αναγνωρίζουν και να χρησιμοποιούν την έννοια της ενέργειας σε μηχανικές, θερμοδυναμικές, βιολογικές, χημικές και τεχνολογικές εφαρμογές. Ειδικότερα, αναφερόμενοι στην ΑΔΕ, οι Speltini & Ure (2002) παρατηρούν ότι οι μαθητές δεν πρέπει να την κατανοούν ως τέχνασμα (τρικ) για την επίλυση προβλημάτων, αλλά να μπορούν τουλάχιστον να την συνδέουν με καθημερινές εμπειρίες όπως το κάψιμο χαρτιού, ο φωτισμός, η τήξη του πάγου, ο βρασμός του νερού κ.ά.

IV) Ρεπλίκες

Οι διαφορετικές διδακτικές προσεγγίσεις, οι οποίες αξιοποιούν την ΙΦΕ συχνά δεν συμπεριλαμβάνουν στοιχεία πρακτικής των ΦΕ. Τα εργαλεία που αξιοποιούν οι προσεγγίσεις αυτές συνήθως περιορίζονται στην κειμενική μορφή, δημιουργώντας τον κίνδυνο να θεωρηθούν οι ΦΕ ευθέως διανοητικό κατασκεύασμα. Παρόλο που καταβάλλεται προσπάθεια οι κειμενικές πηγές της ΙΦΕ να αποδίδουν κοινωνικοπολιτισμικά χαρακτηριστικά των ΦΕ, η απουσία της εργαστηριακής συνιστώσας των ΦΕ είναι εμφανής. Τα τελευταία χρόνια οι διδακτικές προσεγγίσεις που αξιοποιούν την ΙΦΕ καταβάλουν προσπάθεια να αναδείξουν την πρακτική πλευρά των ΦΕ και ειδικά τον ρόλο του «πυρήνα» αυτής της πλευράς, του εργαστηρίου των ΦΕ (Latour & Woolgar, 1979. Pickering, 1995).

Μια τέτοια διδακτική προσέγγιση προτείνει την ανακατασκευή (replicate) και τη λειτουργία πειραματικών συσκευών και οργάνων που χρησιμοποιήθηκαν στο παρελθόν των ΦΕ για εκπαιδευτικούς σκοπούς. Φημισμένη προς την κατεύθυνση αυτή είναι η ερευνητική προσπάθεια του Research Group on Higher Education and History of Science at the Physics Department of the University of Oldenburg / Germany (Hotteke, 2000. Riess, 2000), το οποίο εστιάζει στην πραγματοποίηση ιστορικών πειραμάτων στο αυθεντικό αρχικό πλαίσιο επίτευξής τους. Στην προσέγγιση αυτή, εκτός από την εργασία με εργαστηριακά όργανα ρεπλίκες, καταβάλλεται προσπάθεια να αναβιώσει και το «κλίμα» παραγωγής των ιστορικών πειραμάτων, αξιοποιώντας όσο το δυνατόν περισσότερες κειμενικές πηγές που σχετίζονται με τα ιστορικά πειράματα, όπως: δημοσιευμένες εργασίες, πίνακες μετρήσεων, γραφήματα, ημερολόγια και φωτογραφίες, αλλά και προσεγγίσεις πειραμάτων που δεν κριθήκαν ικανοποιητικές, αναδεικνύοντας, έτσι, όσο το δυνατόν πιστότερα το ιστορικό συγκείμενο.

Στην παρούσα εργασία, θα χρησιμοποιηθούν ρεπλίκες συσκευών που κατασκευάστηκαν για να αξιοποιηθούν ως αεικίνητα.

V) Τα αεικίνητα

Με τον όρο αεικίνητα ή αέναη κίνηση (perpetual motion) περιγράφονται υποθετικές μηχανές, οι οποίες λειτουργούν και παράγουν ωφέλιμο έργο επ' αόριστον, ή, γενικότερα, υποθετικές μηχανές που παράγουν περισσότερη ενέργεια από όση καταναλώνουν, ανεξάρτητα αν μπορούν να λειτουργήσουν επ' αόριστον ή όχι. Αν και η Φυσική έχει καταλήξει με τα θερμοδυναμικά στην άποψη ότι ένα αεικίνητο είναι αδύνατον να κατασκευαστεί, δημοφιλείς είναι οι ιστορίες οι οποίες πάρα πολύ συχνά παρουσιάζουν επιτυχείς κατασκευής αεικίνητων στο παρελθόν ή στη σημερινή εποχή.[\[3\]](#) Ειδικά για την παρελθοντική κατασκευή

αικίνητων στην πρώιμη ιστορία της επιστήμης και της εφαρμοσμένης μηχανικής, πολλοί επιστήμονες ήταν σε θέση να δουν τη ματαιότητα των προσπαθειών αυτών. Πολύ συχνά μάλιστα η συσκευή κατασκευαζόταν ή απλά περιγραφόταν για να επεξηγήσει την ματαιότητα της αναζήτησης του αικίνητου (Simanek, 2007). Υπάρχει και μια συσχέτιση των αικίνητων με τα νοητικά πειράματα. Στα νοητικά πειράματα χρησιμοποιήθηκε το μη πραγματοποιήσιμο των αικίνητων για την εξαγωγή συμπεράσματος χωρίς την προσφυγή στη εκτέλεση του πραγματικού πειράματος (Brown & Fehige, 2011).

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι μέσω της ανακατασκευής αικίνητων να διαφανεί ότι η παραγωγή και νομιμοποίηση της επιστημονικής γνώσης, ειδικά μέσω της εργαστηριακής πρακτικής, αποτελεί μια σύνθετη ανθρώπινη δραστηριότητα. Οι συσκευές αυτές παρέχουν την «ψευδαίσθηση» ότι η ΑΔΕ ισχύει και έτσι είναι δυνατόν, με επιλογή του κατάλληλου μεθοδολογικού πλαισίου, να αξιοποιηθούν σε ένα πλέγμα διδακτικών στόχων σχετικών με την ενέργεια.

ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ

I) Θεωρητικές επισημάνσεις

Αναζητώντας ένα πλαίσιο για την ενοποίηση των γνώσεων των μαθητών στα θέματα της ενέργειας, από τη μελέτη της βιβλιογραφίας[4] (Tobin et.al.,2011.Nordine,2010) υιοθετήσαμε ένα σχήμα τεσσάρων θεμάτων/κατηγοριών γύρω από τη ενέργεια: α) η ενέργεια αποθηκεύεται σε πολλαπλές πηγές και σε διάφορες μορφές, β) η ενέργεια είναι αιτία δραστηριότητας (εδώ συμπεριλαμβάνονται ο μετασχηματισμός και η μεταφορά ενέργειας), γ) η ενέργεια διατηρείται, δ) η ενέργεια υποβαθμίζεται. Οι τέσσερις αυτές κατηγορίες θα υποστηριχθούν με την αξιοποίηση αικίνητων.

II) Πρακτικές επισημάνσεις

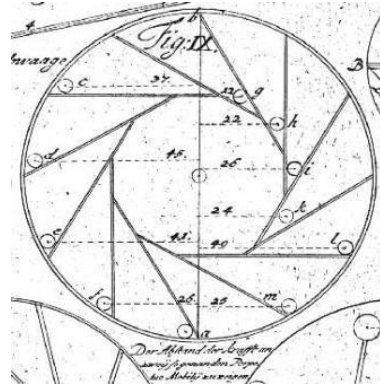
Η χρήση συσκευών και πειραμάτων για την κατανόηση θεμάτων που σχετίζονται με την ενέργεια είναι συχνή στη βιβλιογραφία[5]. Σημειώνεται ιδιαίτερα η χρήση μιας τουρμπίνας νερού από τις Driver & Warrington (1985) για τη μελέτη της ΑΔΕ. Η συσκευή αυτή παρουσιάζει ομοιότητα με τα αικίνητα που θα αξιοποιήσουμε, αλλά ο προφανής λόγος της ύπαρξης εξωτερικού αιτίου για τη συνεχή ενεργειακή παροχή στο σύστημα δεν την καθιστά αικίνητο.

III) Διδασκαλία της ενέργειας

Έρευνες σχετικές με θέματα ενέργειας κατέληξαν να προτείνουν αναλυτικά προγράμματα για την ενέργεια (Rizaki & Kokkotas, 2009.Papadouris & Constantinou, 2011) ή κάποιες σειρές μαθημάτων για την ενέργεια (Nordine et. al.,2010) ή κάποια ερωτηματολόγια κατανόησης της έννοιας (Speltini et. al., 2002). Στόχος της παρούσας εργασίας είναι, μετά την πιλοτική εφαρμογή και την ανάδειξη των δυνατοτήτων των συσκευών των αικίνητων, να επιλεγεί ο τρόπος με τον οποίο τα αικίνητα μπορούν να ενσωματωθούν στην διδακτική πρακτική του Λυκείου.

ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΗΣ ΕΡΕΥΝΑΣ

Στην παρούσα εργασία θα επιδειχθεί η ρεπλίκα του αεικίνητου του Λεοπόλδου (Jacob Leupold, 1674 – 1727). Ο Leupold ήταν κατασκευαστής οργάνων για την πειραματική φυσική, φυσικός, μαθηματικός, εκπαιδευτικός και οικονομολόγος. Το πολύ δημοφιλές βιβλίο του *Theatrum Machinarum Generale* (Leibzig, 1724) ήταν μια συλλογή μηχανισμών και μηχανών πολλών ειδών. Μεταξύ των άλλων συσκευών ανέλυσε τον τροχό - αεικίνητο της εικόνας, γνωστό και σήμερα ως "τροχό Leupold", αν και ο Leupold δεν την εφεύρε, και ήταν πολύ σαφής στη δήλωσή ότι δεν θα λειτουργούσε (!).



Η ιστορική προσέγγιση που θα ακολουθηθεί στηρίζεται στην απόψεις του Helmholtz για την ενέργεια και τη διατήρησή της, όπως αναφέρονται στον Cahlan (2011). Ο Helmholtz διατύπωσε την «αρχή διατήρησης των δυνάμεων» με τρόπο που τελικά έμελλε από τους Joule, Rankine, Thomson, Maxwell, να μετονομαστεί σε ΑΔΕ. Δεν ήταν μια απλή σημασιολογική (semantics) διαφορά («ενέργεια» αντί «δύναμη»), που «χώριζε» τον Γερμανό Helmholtz από την Αγγλική ελίτ των Φυσικών. Πίσω από την αλλαγή υποκρύπτονταν μάλλον το διαφορετικό επαγγελματικό πλαίσιο και η Αγγλική βιομηχανία. Παρόλα αυτά ο Helmholtz συνεργάστηκε μαζί τους και έχαιρε μεγάλης εκτίμησης από τα μέλη αυτής της ελίτ.

Στην παρούσα εργασία, εκμεταλλευόμαστε διδακτικά τη «διατήρηση της δύναμης» ως γέφυρα για τη διατήρηση της ενέργειας. Οι ελκτικές και απωστικές δυνάμεις αισθητοποιούνται κατά το πνεύμα του Helmholtz με τις δράσεις/δυνάμεις κίνησης (βάρη των σφαιρών και δυνάμεις πρόσκρουσης των σφαιρών στα τοιχώματα της συσκευής, που κινούνται καθοδικά) και τις αντιδράσεις/ δυνάμεις παρεμπόδισης της κίνησης (βάρη των σφαιρών και δυνάμεις πρόσκρουσης των σφαιρών στα τοιχώματα της συσκευής, που κινούνται ανοδικά) κατά την περιστροφή του αεικίνητου- ρεπλίκα.



Σημειώνεται ότι η κίνηση του αεικίνητου παρουσιάζεται στους μαθητές μέσω video (!). Η δικαιολόγηση της επιλογής αυτής θα παρατεθεί στη συνέχεια της εργασίας.

Παρακάτω θα αναπτύξουμε τα 5 στάδια της πιλοτικής εφαρμογής του αεικίνητου. Στο τέλος του κάθε σταδίου καταγράφονται οι απόψεις των μαθητών, ώστε να αναδιοργανώνεται η διδασκαλία προς την επιθυμητή κατεύθυνση.

I) Στάδιο 1ο

Επιχειρηματολογούμε σύμφωνα με τον Helmholtz ότι οι δυνάμεις δεν είναι δυνατόν να καταστραφούν ή να δημιουργηθούν και αναζητούμε αν η «αρχή» αυτή μπορεί να δικαιολογήσει την αεί-κίνηση της συσκευής. Τίθεται το ερώτημα αν υπάρχουν άλλες δυνάμεις. Οι τριβές στον άξονα θεωρούνται αμελητέες (τον έχουμε λιπάνει).

II) Στάδιο 2ο

Αναζητούνται άλλες αιτίες εκτός της δύναμης που μπορεί να είναι υπεύθυνες για την διατήρηση της κίνησης. Εστιάζουμε στην παρατήρηση δύο «αντιδιαμετρικών» σφαιριδίων. Στόχος είναι να ανασυρθεί η αναλογία ύψους (h) – ταχύτητας (v), ώστε να εισαχθεί η ενέργεια. Είναι λογικό οι παράγοντες αυτοί να εξαρτώνται και από την μάζα. Έτσι, αναμένεται η μορφή $(mh) - (mv)$. Ο ακριβής υπολογισμός έδωσε $U = mgh$ –δυναμική ενέργεια και $K = 1/2 m v^2$ – κινητική ενέργεια.

III) Στάδιο 3ο

Η συσκευή δίνει τη δυνατότητα να παρουσιαστούν: α) οι αποθήκες ενέργειας, β) οι μετασχηματισμοί K σε U και αντίστροφα, γ) η ΑΔΕ.

IV) Στάδιο 4ο

Αξιοποιώντας το επιχείρημα του Helmholtz, ο οποίος δεν αποδεχόταν φυσικά την ύπαρξη αεικίνητων, ότι: «δεν μπορεί από πεπερασμένη ποσότητα έργου (το έργο της αρχικής δύναμης που έθεσε σε κίνηση το αεικίνητο) να παράγεται άπειρη ποσότητα έργου (δηλαδή, η αεί-κίνηση)» εμφανίζεται στο video το τρικ του αεικίνητου.



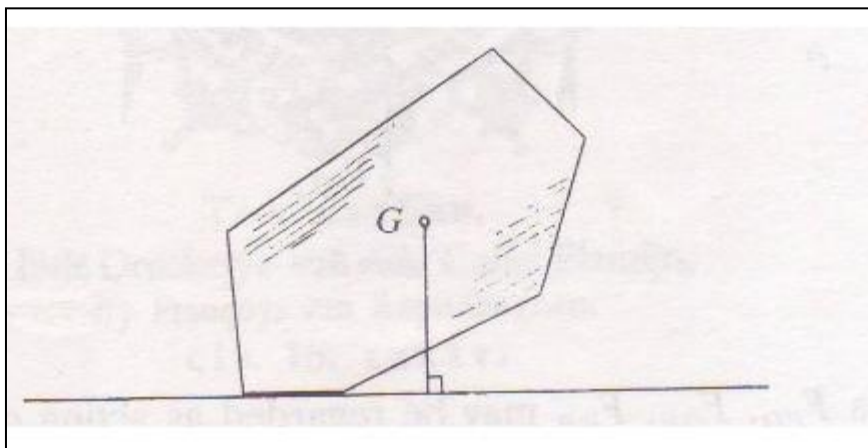
Έτσι, επιχειρηματολογούμε: α) για την υποβάθμιση της μηχανικής ενέργειας, β) για την μετατροπή σε άλλες μορφές ενέργειας, γ) για τις δυνάμεις του 1ου σταδίου, οπότε εισάγουμε το έργο (!), δ) για την θερμότητα ως παράγοντα υποβάθμισης της ενέργειας.

V) Στάδιο 5ο

Η υιοθέτηση της αξιοποίησης της ΙΦΕ δίνει πολλαπλές κοινωνικοπολιτισμικές προεκτάσεις. Έτσι, συζητούνται: α) οι θεολογικές αντιλήψεις για τα αεικίνητα και πώς από την αρχική «θεϊκή απαγόρευση» τους, που αποδέχεται ο Λεοπόλδος, αποδεχόμαστε τη μη ύπαρξή τους, με τη διατύπωση της αρχής «διατήρησης της δύναμης» του Helmholtz, οπότε δημιουργείται χώρος για ανθρώπινη παρέμβαση, μιας και αναδείχτηκε μια φυσιοκρατική, μη θεολογική (χριστιανική) άποψη για τον κόσμο (Cahan, 2011, σελ.5), β) η αναλογία «σώματος - μηχανής», μιας και η «διατήρηση των δυνάμεων» δεν έχει εφαρμογές μόνο στις μηχανές, αλλά και στους ζώντες οργανισμούς, γ) η εφαρμογή «διατήρησης των δυνάμεων»/ΑΔΕ σε συστήματα, τα οποία την εποχή εκείνη ήσαν αντικείμενα της θεολογίας και της φιλοσοφίας, όπως το ουράνιο σύστημα, η ηλιακή θερμότητα, ο σχηματισμός της Γης, οι κινήσεις στην ατμόσφαιρα και οι κινήσεις των ωκεανών, η τροφή των ανθρώπων και των ζώων, θέματα με τα οποία ασχολήθηκε ο Helmholtz σε επιστημονικές και εκλαϊκευτικές ομιλίες του στη Γερμανία και την Αγγλία (Cohen, 2011, σελ.7), δ) η χρήση των τρικ στην ΙΦΕ, παρουσιάζοντας την ιστορία του τροχού του Bessler, ο οποίος μέχρι και σήμερα πυροδοτεί συζητήσεις για το (μη) δυνατό κατασκευής αεικίνητων [\[6\]](#). Τέλος, ε) αποδεχόμενοι το αδύνατο της κατασκευής των αεικίνητων, μπορούμε να παράξουμε εναλλακτικές αποδείξεις μαθηματικών θεωρημάτων (!) με τρόπο κατανοητό σε μαθητές Λυκείου. Παραθέτουμε ένα μαθηματικό πρόβλημα και τη λύση του (Tokieda, 1998).

Πρόβλημα: Είναι δυνατόν σε ένα κυρτό πολύγωνο να υπάρχει εσωτερικό σημείο του, η προβολή του οποίου ως προς κάθε πλευρά του πολυγώνου να βρίσκεται εκτός του;

Λύση: Το παρακάτω σχήμα αποδεικνύει ότι δεν υπάρχει τέτοιο σημείο, γιατί διαφορετικά το πολύγωνο θα ήταν αεικίνητο (!) μιας και θα κινούταν στο διηνεκές(!)



ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Στην εργασία υιοθετήθηκε ένα σύστημα τεσσάρων κατηγοριοποιήσεων για την ενέργεια (πηγές, αιτία δραστηριότητας, ΑΔΕ, υποβάθμιση), το οποίο υποστηρίζεται από την αξιοποίηση πρακτικών και θεωρητικών στοιχείων της ΙΦΕ. Στα πρακτικά στοιχεία αξιοποιήθηκε η ρεπλίκα ενός αεικίνητου, ενώ στα θεωρητικά στοιχεία υιοθετήθηκε η προσέγγιση της ΑΔΕ σύμφωνα με τις απόψεις του Helmholtz. Με μια πρώτη άτυπη και σύντομη εφαρμογή του αεικίνητου στην Α΄ Λυκείου και αφού συμφωνήθηκε με τους μαθητές ότι την τριβή στον άξονα μπορούμε, έστω και θεωρητικά, να την μηδενίσουμε, καταγράψαμε τις αυθόρμητες αντιλήψεις των μαθητών. Δειγματοληπτικά παρουσιάζουμε τους παρακάτω διαλόγους:

Καθηγητής: Θα γύρναγε συνέχεια;

Μαθητές: Ναι...

Καθηγητής (με την αρνητική έκβαση του πειράματος): Θα ήθελα να εκφράσετε ιδέες για βελτιώσεις.

Μαθητές: α) να ήταν οι μπίλιες μεγαλύτερες, β) να ήταν περισσότερα τα διαμερίσματα (12 αντί 8), γ) να ήταν μεγαλύτερη η ακτίνα (δηλαδή το μέγεθος) του τροχού.

Αντίστοιχα σχόλια με αυτά των μαθητών είχαν παρατηρηθεί και στο Διαδίκτυο, όπου είχε αναρτηθεί σχετικό video, από διάφορους ανά τον κόσμο που το είδαν. Απώτερος σκοπός της εργασίας είναι η ενσωμάτωση των αποτελεσμάτων της διδακτικής εφαρμογής της παρούσας πρότασης, ώστε να λάβει μια συνεκτική μορφή και να οριστεί πλήρως ο τρόπος με τον οποίο θα αποτελέσει μια καινοτόμα διδακτική προσέγγιση.

ΑΝΑΦΟΡΕΣ

American Association for the Advancement of Science (AAAS). (1993). *Benchmarks for science literacy*.

New York: Oxford University Press.

Bianchini, J., Colburn, A. (2000). Teaching the Nature of Science through Inquiry to Prospective Elementary Teachers: A Tale of Two Researchers. *Journal of Research in Science Teaching*, 37 (2), 177-209.

Blanko, R., Niaz, M. (1997). Epistemological beliefs of students and teachers about the nature of science: from “baconian inductive ascent” to the “irrelevance” of science laws. *Instructional Science*, 25, 203-231.

Brown, J.R., Fehige, Y.(2011). <http://www.science.uva.nl/~seop/entries/thought-experiment/>.

Cahan, D. (2011). Helmholtz and the British Scientific Elite: from Force Conservation to Energy Conservation. *Notes & Records of the Royal Society*. Published online November 16.

- Coelho, R. L. (2009). On the Concept of Energy: How Understanding its History can Improve Physics Teaching *Science & Education* 18, 961–983.
- Cohen, I. B. (1974). Foreword. In Y. Elkana (Ed.), *The discovery of the conservation of energy* (pp. xi.-xiv). Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Domenech, J. L., Perez, D. G., Marti, A. G, Guisasola, J., Torregrosa J. M., SALINAS, J., Trumper, R., Valdes, P., Vilches, A. (2007). Teaching of Energy Issues: A Debate Proposal for a Global Reorientation. *Science & Education* 16, 43-64.
- Driver, R., Warrington, L. (1985). Students' use of the principle of energy conservation in problem situations. *Physics Education* 20. 171-176.
- Feynman, P. R. (1998). *Six easy pieces*. California: Institute of Technology.
- Heering, P. (2000). Getting Shocks: Teaching Secondary School Physics Through History. *Science & Education* 9: 363-373.
- Hewitt P.G. (2009). *Conceptual physics*. 10th edn. Pearson, San Francisco.
- Hottecke, D. (2000) .How and What Can We Learn From Replicating Historical Experiments? A Case Study *Science & Education* 9, 343-362.
- Latour, B., Woolgar, S. (1979). *Laboratory Life*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Lee, H. S., Liu, O.L. (2009). Assessing Learning Progression of Energy Concepts Across Middle School Grades: The Knowledge Integration Perspective. *Science Education*, 665-686.
- Lijnse, P. (1990). Energy between the life-world of pupils and the world of physics. *Science Education*, 74(5), 571-583.
- Lindsay, R. B. (Ed.). (1975). *Energy: historical development of the concept*. New York: Dowden, Hutchinson, & Ross.
- McComas, W.F. (2004). Keys to Teaching the Nature of Science. *The Science Teacher*, Nov 2004, 24-27.
- Misgeld, W., Ohly, K. P., Gottfried, S. (2000). The Historical-Genetical Approach to Science Teaching at the Oberstufen-Kolleg, Bielefeld. *Science & Education* 9, 333-341.
- National Research Council (NRC). (1996). *National Science Education Standards*. Washington, DC: National Academy Press.
- Nordine, J., Krajcik, J., Fortus, F. (2010). Transforming Energy Instruction in Middle School to Support Integrated Understanding and Future Learning *Science Education*, 670-699.
- Papadouris, N., Constantinou, P. C. (2011). A Philosophically Informed Teaching Proposal on the Topic of Energy for Students Aged 11–14. *Science & Education* 20, 961–979
- Pickering, A. (1995). *The Mangle of Practice. Time, Agency & Science*. Chicago and London: The University of Chicago Press.
- Πολυζώης, Γ. (2010). *Πεποιθήσεις των νηπιαγωγών, δασκάλων και καθηγητών σχετικά με τη χρήση της Ιστορίας των Φυσικών Επιστημών (ΙΦΕ) στη διδασκαλία τους*
Αδημοσίευτη Διδακτορική διατριβή. 2010. Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων.

- Riess, F. (2000) .History of Physics in Science Teacher Training in Oldenburg
Science & Education 9, 399–402.
- Rizaki, A., Kokkotas, P. (2009). The Use of History and Philosophy of Science as a Core
for a Socioconstructivist Teaching Approach of the Concept of Energy in Primary Education. *Science
& Education*. Published on line.
- Rogers, C. B., Schwartz, J., Wagoner, P. (2011). Teaching Teachers About Energy: Lessons from an
Inquiry-Based Workshop for K-8 Teachers. *J Sci Educ Technol*, Published online.
- Simanek, E. D. (2007) Perpetual Futility A short history of the search for perpetual motion.
<http://www.lhup.edu/~dsimanek/museum/people/people.htm>
- Speltini, C., Ure M. C. D. (2002). Conservation in Physics Teaching, History of
Science and in Child Development *Science & Education* 11, 475–486.
- Stinner, A. (1989). ‘The Teaching of Physics and the Contexts of Inquiry: From Aristotle to Einstein’,
Science Education 73(5), 591–605.
- Tobin, R. G., Crissman, S., Doubler, S., Gallagher, H., Goldstein, G., Lacy, S., (2011). Teaching Teachers
About Energy: Lessons from an Inquiry-Based Workshop for K-8 Teachers.*J Sci Educ Technol*.
Published online.
- Tokieda, F.,T. (1998). Mechanical Ideas in Geometry. *The American Mathematical Monthly*, 105 (8), 697-
703.
- Warren, J. W. (1983). Energy and its carriers: A critical analysis. *Physics Education*, 18, 209-212.

[1] Στο βιβλίο ΦΥΣΙΚΗ Γ' Γυμνασίου [κεφ.4, παρ.4.2, σελ.121] των Ν. Αντωνίου, Π. Δημητριάδης, Κ. Καμπούρης, Κ. Παπαμιχάλης, Λ. Παπασίμπα, Θ. Χατζητσομπάνης. ΟΕΔΒ, 2002 διαβάζουμε: «όταν σε ένα σώμα ασκείται δύναμη, η ενέργεια του σώματος μεταβάλλεται ή μετατρέπεται από μια μορφή σε άλλη. Το ποσό μεταβολής ή μετατροπής ενέργειας, σε κάθε περίπτωση, είναι ίσο με το έργο της δύναμης».

[2] Οι Domenech et.al (2007) αναδεικνύουν 24 σημεία για μια παγκόσμια επανατοποθέτηση και έναν επαναπροσανατολισμό των θεμάτων σχετικά με τη διδασκαλία της ενέργειας. Στην επιχειρηματολογία τους για την παρουσίαση των 24 αυτών σημείων, αξιοποιούνται τα αποτελέσματα των κυριότερων ερευνών της τελευταίας 25/ετίας για την ενέργεια, μεταξύ των οποίων και οι εμβληματικές για την Διδακτική των Φυσικών Επιστημών (ΔΦΕ) εργασίες των Watts, Driver, Solomon και Duit.

[3] Από το 1775 η Γαλλική Ακαδημία Επιστημών, έπαψε να δέχεται αιτήσεις για αεικίνητα (!).

[4] Η υιοθέτηση του μεθοδολογικού πλαισίου δεν υπήρξε το αποτέλεσμα κριτικής ανάλυσης επιστημολογικών ζητημάτων σχετικών με τον όρο «ενέργεια». Έτσι δεν σχολιάστηκαν εργασίες: α) που εκπροσωπούν το ρεύμα «Φύση της Επιστήμης» (Nature Of Science, NOS) και τις απόψεις του ρεύματος αυτού για την ενέργεια (Tobin et.al., 2011) (Για μια κριτική ανάλυση των απόψεων για το NOS βλ. Πολυζώης, 2010), β) που χρησιμοποιούν την ΙΦΕ για διδακτικούς και παιδαγωγικούς σκοπούς (Rizaki & Kokkotas, 2009. Papadouris & Constantinou, 2011). Τέλος, δεν αξιοποιήσαμε τις απόψεις του Coello (2009), ο οποίος στηριζόμενος σε ιστορικά δεδομένα και κυρίως στις εργασίες του Mayer, αναδεικνύει μια διαφορετική εννοιολόγηση για την ενέργεια, η οποία στηρίζεται σε ισότητες, και έτσι οι κατηγοριοποιήσεις για τη μεταφορά και τη μετατροπή, καθώς και οι συσχετίσεις με το έργο και τη θερμότητα, δεν έχουν λόγο ύπαρξης(!). Η επιλογή του πλαισίου θα θεμελιωθεί στη συνέχεια της εργασίας.

[5] Μια επισκόπηση των ερευνών, όπως προαναφέρθηκε, δίνεται από τους Domenech et.al. (2007).

[6] Δες: <http://www.besslerwheel.com/index.shtml>