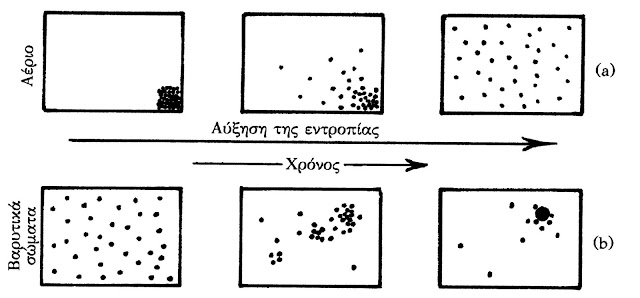
# ΣΕΜΦΕ

# Εργασία Θερμοδυναμικής πάνω στην

# *ΕΝΤΡΟΠΙΑ*

Του φοιτητή Λάππα Αθανάσιου, χειμερινό εξάμηνο, τελική γραπτή εργασία τον 2ο του 2016

Επιβλέπων καθηγητής: Κος Παπαντωνόπουλος Ελευθέριος



## Εισαγωγικά

Η Εντροπία, ως έννοια, συναντάται σε μια πληθώρα τομέων της επιστήμης καθώς αφορά πλήθος θεωρητικών και πρακτικών εφαρμογών, σε καθαρά επιστημονικό αλλά και τεχνολογικό επίπεδο. Ας πάρουμε όμως τα πράγματα με τη σειρά…

### Ο Δεύτερος νόμος της θερμοδυναμικής

Η εντροπία, για τον τυπικό φοιτητή σήμερα, πρωτοσυναντάται ως έννοια στα εισαγωγικά μαθήματα θερμοδυναμικής, όταν μάλιστα γίνεται αναφορά στον 2ο αεροδυναμικό νόμο. Ο Δεύτερος Νόμος εκφράζει το γεγονός ότι υπάρχουν σημαντικοί περιορισμοί που διέπουν τη μεταφορά θερμότητας από ένα σώμα σ’ ένα άλλο. Πιο συγκεκριμένα: Αν φέρουμε σ’ επαφή ένα σώμα «θερμό» μ’ ένα «ψυχρό», η θερμότητα μεταφέρεται από το «θερμό» στο «ψυχρό» και **όχι** αντίστροφα**.** Ένα ακόμα οικείο παράδειγμα είναι αυτό της σβούρας λόγω τριβών. Οι τριβές – δηλαδή οι άτακτες συγκρούσεις των μορίων της σβούρας με τα μόρια του δαπέδου στο σημείο επαφής και με τα μόρια του αέρα που την περιβάλλει (σε μικρότερο βαθμό)- παράγουν θερμότητα που μεταφέρεται στη σβούρα και στο δάπεδο και στον αέρα. Φυσικά η θερμότητα αυτή δεν παράγεται από το μηδέν (η ενέργεια διατηρείται!). Παράγεται σε βάρος της περιστροφικής κινητικής ενέργειας της σβούρας. Κατά συνέπεια η μακροσκοπική κινητική ενέργεια μειώνεται συνεχώς. Δεν σταματάει βέβαια η άτακτη κίνηση κάθε μορίου της σβούρας , ή του αέρα, ή του δαπέδου. Τουναντίον η κίνηση αυτή έχει αυξηθεί λόγω της θερμότητας που απορροφήθηκε. Η αντίστροφη διαδικασία όμως **δεν** πραγματοποιείται! Τα μόρια του αέρα και του δαπέδου και της σβούρας δεν δίνουν πίσω τη θερμότητα που απορρόφησαν ώστε η σβούρα να αρχίσει να περιστρέφεται από μόνη της. Μ’ άλλα λόγια ενώ η μακροσκοπική κινητική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμότητα που απορροφάται, η θερμότητα δεν μπορεί να μετατραπεί (τουλάχιστον εξ ολοκλήρου ) πίσω σε μακροσκοπική κινητική ενέργεια.

Το παράδειγμα της σβούρας επισημαίνει μια άλλη όψη του Δεύτερου Νόμου της Θερμοδυναμικής. Οι διάφορες μορφές ενέργειας δεν είναι το ίδιο εύκολα διαθέσιμες, ή πιο σωστά, το ίδιο εύκολα μετατρέψιμες. Η κατάσταση είναι κάπως ανάλογη με το σε τι νόμισμά έχει κανείς τα χρήματά του. Αν είναι σε δολάρια μπορεί χωρίς κόπο να τα κάνει δραχμές (για να χρησιμοποιήσουμε ένα οικείο παράδειγμα του παρελθόντος). Αν είναι σε δραχμές και αν ισχύουν συναλλαγματικοί περιορισμοί, έπειτα από πολύ κόπο καταφέρνει κανείς να μετατρέψει ένα μέρος μόνο των χρημάτων του σε δολάρια. Κάτι τέτοιο συμβαίνει και με την ενέργεια. Η ενέργεια που προέρχεται από μακροσκοπικές κινήσεις η παραμορφώσεις κ.λπ. είναι σχεδόν 100% μετατρέψιμη σε οποιαδήποτε άλλη μορφή (συνήθως κατά τη μετατροπή κάποιο μικρό ποσοστό ξοδεύεται για την παραγωγή θερμότητας, γεγονός που είναι αντίστοιχο με την προμήθεια της τράπεζας που κάνει τη μετατροπή των νομισμάτων). Αντίθετα, η ενέργεια που προέρχεται από την άτακτη κίνηση κάθε ενός μορίου χωριστά, μόνο εν μέρει μπορεί να μετατραπεί π.χ. σε μακροσκοπική κίνηση.

Είναι σαν να γίνεται, με άλλα λόγια, ένας κύκλος μεταξύ των ενεργειών – των μορφών ενέργειας για να είμαστε ακριβέστεροι. Οι προσβάσιμες από εμάς εντοπίζονται σαν «έργο», οι υπόλοιπες είναι βουτηγμένες σε μια δεξαμενή «θερμότητας». Είναι τόσες πολλές οι μορφές των ενεργειών που σε εμάς δεν φαίνεται να ξεχωρίζουν, δεν μπορούμε να διακρίνουμε την μια απ την άλλη, δεν έχουμε την φυσική-πρακτική- δυνατότητα. Όσο η επιστήμη εξελίσσεται βέβαια, και τα τεχνολογικά προσβάσιμα σε εμάς μέσα πληθαίνουν, τόσο όλο και περισσότερες μορφές ενέργειας γίνονται για εμάς **εργ**άσιμες, παρ’ όλα ‘υτά, μέσα στο πλήθος των φυσικών μορφών ενέργειας πάλι χάνονται και έχουμε πάντα έτσι την θερμότητα και το έργο – από θερμοδυναμικής πάντα σκοπιάς – παλιάς μεν, σαν μορφή αντίληψης, πάντα επίκαιρης και εφαρμόσιμης δε.

Οι πρακτικές συνέπειες των περιορισμών αυτών όσον αφορά τη μετατροπή ενέργειας είναι τεράστιες (για να επιστρέψουμε στα πιο πάνω). Σκεφτείτε ότι η ενέργεια λόγω της άτακτης κινήσεως των μορίων της Γής είναι ουσιαστικά μη μετατρέψιμή. Πρόκειται για ένα τεράστιο ποσό ενέργειας υποβαθμισμένης σε τέτοιο σημείο ώστε να είναι σχεδόν αδύνατο να χρησιμοποιηθεί (μέχρι στιγμής…). Για να πάρουμε μια ιδέα του τι «μας κοστίζει» ο δεύτερος νόμος αρκεί να αναφέρουμε ότι ένα μικρό ποσοστό μόνο της ενέργειας κάθε μορίου της Γής (Τέτοιο που να αντιστοιχεί στη μείωση της μέσης θερμοκρασίας της Γης κατά ένα μόνο βαθμό) να είχαμε στη διάθεσή μας, θα είχαμε λύσει τις ανθρώπινες ενεργειακές ανάγκες για 10.000.000 χρόνια (μαζί με άλλα οφέλη…).

Κάπως γενικά και αόριστα θα μπορούσαμε, πάλι, να πούμε ότι ο Δεύτερος Νόμος της Θερμοδυναμικής εκφράζει μια γενική οικουμενική τάση για υποβάθμιση της ενέργειας. Ο Kelvin παρουσίασε για πρώτη φορά (1852) μια γενική διατύπωση του Δεύτερου Νόμου σε μια εργασία του με τίτλο «Επί της οικουμενικής τάσεως στη φύση για υποβάθμιση της Μηχανικής Ενέργειας». Η διατύπωση του **Kelvin** είναι η εξής: *Δεν υπάρχει κυκλική διαδικασία που το μόνο της αποτέλεσμα να είναι η απορρόφηση θερμότητας από ένα σώμα ομοιόμορφης θερμοκρασίας και η μετατροπή αυτής της θερμότητας εξ ολοκλήρου σε έργο*. Ο **Clausius** διατύπωσε το Δεύτερο Νόμο ως εξής: *Δεν υπάρχει κυκλική διαδικασία που το μόνο της αποτέλεσμα να είναι η μεταφορά θερμότητας από ένα ψυχρότερο σ ένα θερμότερο σώμα*. Οι δύο διατυπώσεις είναι ισοδύναμες (όπως θα δούμε παρακάτω).