

◀ Ο Ραφαήλ Μωυσής και ο Ηλίας Γυφτόπουλος, αμφότεροι διδάκτορες του MIT, καταθέτουν τα επιχειρήματά τους

## Δύο κορυφαίοι Έλληνες επιστήμονες αναζητούν το πραγματικό πρόσωπο της Θερμοδυναμικής

Η ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ, στην πρακτική της εφαρμογή, είναι ένας κλάδος της Φυσικής που ασχολείται με την ενεργειακή συμπεριφορά των θερμικών μηχανών. Στη θεωρητική της όμως διατύπωση η Θερμοδυναμική δεν είναι απλά ένας κλάδος, αλλά διεσπασεί σ' ολόκληρο τον κορμό της φυσικής επιστήμης. Στην περιγραφή και κατανόηση των βασικών νόμων της Θερμοδυναμικής έχουν συμβάλει πολλοί κορυφαίοι επιστήμονες, όπως ο Maxwell, ο Clausius, ο Kelvin, ο Gibbs, ο Planck, ο Einstein, ο Καραθεοδωράς και άλλοι πολλοί, ενώ έχουν εκδοθεί εκατοντάδες σχετικά βιβλία και συγγράμματα.

Δύο σύγχρονοι Έλληνες επιστήμονες, ο Γιώργος Χασιόπουλος και ο Ηλίας Γυφτόπουλος, και οι δύο διδάκτορες του MIT, διαπίστωσαν εδώ και αρκετά χρόνια την ύπαρξη αντιφάσεων και έλλειψη λογικής αλληλουχίας ανάμεσα σε αυτά τα συγγράμματα και προχώρησαν σε νέα πρωτοποριακά διαυκτώση των βασικών αρχών της Θερμοδυναμικής. Ο Χασιόπουλος, χωρίς ποτέ να εγκαταλείψει την πεποίθησή του στην ορθότητα της νέας προσέγγισης, γρήγορα απορροφήθηκε από τις πολύ πετυχημένες επιχειρηματικές του δραστηριότητες. Για τον Γυφτόπουλο, όμως, η αποδοχή της θεωρίας του από την επιστημονική κοινότητα έγινε σκοπός ζωής και η δου-

σκολία του να την κάνει γενικά αποδεκτή. Παρά μεγάλης πικρίας. Στα παραδείγματα που χρησιμοποιεί για να υποστηρίξει τη θεωρία του περιλαμβάνονται η αποδαιμονοποίηση του περιήφρον Δαίμονα του Maxwell και η ανατροπή της εξήγησης του Einstein για την αέναη κίνηση σωματιδίων του Brown.

Για ιστορικό αυτό αναφέρεται ο παρακάτω διάλογος που έγινε το περασμένο καλοκαίρι μεταξύ του Ηλία Γυφτόπουλου, άλλοτε προέδρου του Εθνικού Συμβουλίου Ενέργειας και του σημερινού προέδρου του Συμβουλίου Εθνικής Ενέργειας Στρατηγικής, επίσης διδάκτορα του MIT, Ραφαήλ Μωυσή.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Κυκλοφόρησε πρόσφατα στα ελληνικά, σε μία πραγματικά πολύ ωραία έκδοση, το βιβλίο «Θερμοδυναμική - Θεμελιώδεις Αρχές και Εφαρμογές», το οποίο γράφτηκε πριν από μερικά χρόνια μαζί με τον Gian Paolo Beretta και μετέφρασε στα ελληνικά ο αξιόμητος καθηγητής του Μετσόβιου Πολυτεχνείου, ο Νίκος Κουμούτσος.

Στο βιβλίο αναφέρεται ότι αυτό διαφέρει από οποιοδήποτε άλλο βιβλίο έχει γραφτεί πάνω στο θέμα της Θερμοδυναμικής. Και είναι επίσης γνωστό ότι αυτή η διαφορετική προσέγγιση έχει αποκτήσει εκλεκτούς, μεν, αλλά λίγους υποστηρικτές. Απορρίπτεται από τη μεγάλη πλειονότητα της επιστημονικής κοινότητας.

Αυτή η απόρριψη ξέρω ότι σε έχει πικραίνει και μάλλον γιατί είναι απόρριψη χωρίς αιτιολόγηση. Μου είπες κάποτε ότι ένας νομπελίστας φυσικός, του οποίου ζήτησες τη γνώμη, απάντησε λακωνικά: «δεν μπορώ να συμφωνήσω με τις απόψεις σας διότι διαφέρουν από τις δικές μου».



Ο κ. Ραφαήλ Μωυσής

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Προκειται για τον Louis de Broglie.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Θα ήθελα να παρακαλέσω να κάνουμε μία συζήτηση πάνω σε αυτό το θέμα για να προσδιορίσουμε σε τι έγκειται αυτή η διαφωνία. Και σου θέτω τρεις επιλογές: Α) πρόκειται απλά για δύο διαφορετικές διατυπώσεις στον ίδιο τομέα της Φυσικής που οδηγούν στα ίδια συμπεράσματα ή Β) για μία θεωρία που είναι σωστή μεν αλλά ημιτελής και μια άλλη που είναι ολοκληρωμένη ή Γ) μιλάμε για μία θεωρία που είναι εντελώς λανθασμένη και για μία θεωρία που είναι πλήρως και σωστή.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Εχω σαφέστατα απάντηση και σύντομη σε αυτό. Και θα αρχίσω από τον πρώτο νόμο της Θερμοδυναμικής.

Ο πρώτος νόμος που χρησιμοποιούμε διαφέρει από τον πρώτο νόμο που υπάρχει σε όλα τα βιβλία. Ο δεύτερος νόμος που χρησιμοποιούμε επίσης διαφέρει από τον δεύτερο νόμο που υπάρχει σε όλα τα βιβλία.

Τρίτον, η δική μας θεωρία εφαρμόζεται σε όλα τα συστήματα είτε είναι ένα σωματίδιο, είτε πολλά, είτε άπειρα, όπως προϋποθέτουν πολλές θεωρίες και σε όλες τις καταστάσεις. Επίσης, η θεωρία μας δεν περιορίζεται μόνο στη θερμοδυναμική ισορροπία η οποία είναι προϋπόθεση όλων των άλλων θεωριών.

Ετσι έχουμε ριζικές και σημαντικές αλλαγές στο αντικείμενο που αντιμετωπίζουμε σε σχέση με τη διεθνή βιβλιογραφία.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Προσπαθώντας να εντάξω την απάντησή σου μου έδωσες σε μία από τις τρεις περιπτώσεις που ανέφερα, μάλλον μου λες ότι η μία θεωρία, η παραδεχόμενη, δεν μπορεί να είναι σωστή αλλά είναι ημιτελής. Δεν καλύπτει όλες τις καταστάσεις.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Δεν είπα ότι είναι σωστή. Δεν είναι καν σωστή.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Είπατε λοιπόν στην τελευταία κατηγορία, τελειώς λάθος όλη η παραδεχόμενη Θερμοδυναμική. Μπορείς όμως να μου αναφέρεις κάποια φυσικά φαινόμενα τα οποία η παραδεχόμενη Θερμοδυναμική περιγράφει λανθασμένα ή δεν μπορεί καθόλου να περιγράψει;



Ο κ. Ηλίας Γυφτόπουλος

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Ακριβώς. Ας αρχίσουμε από τον πρώτο νόμο όπως διατυπώνεται σε όλα τα άλλα βιβλία. Η διατύπωση είναι ότι το διαφορικό της ενέργειας ισούται με το διαφορικό της θερμότητας πλην το διαφορικό του έργου. Αυτή η εξίσωση περιέχει τρεις έννοιες: Την ενέργεια, το έργο και τη θερμότητα. Ποιες από τις τρεις έννοιες είναι γνωστές και ποιες είναι άγνωστες; Αν είναι και οι τρεις γνωστές, τότε η ισότητα δεν είναι νόμος. Τι ορίζει ποια πράγματα; Μία εξίσωση ορίζει ένα πράγμα μόνο. Δεν μπορεί να ορίζει πολλά πράγματα. Αυτή είναι μία από τις διαφορές.

Η δεύτερη μεγάλη διαφορά που εισάγεται είναι η εξής: Σε όλα τα βιβλία, η αλλαγή της εντροπίας ορίζεται ως το ολοκλήρωμα του διαφορικού της θερμότητας διαιρούμενο διά της θερμοκρασίας. Για να έχει νόημα αυτό το ολοκλήρωμα, πρέπει η θερμοκρασία να είναι συναρτήσει της θερμότητας.

Εκείς δει ποτέ εσύ σε κανένα βιβλίο, σε αυτό που χρησιμοποιούν αυτή την έκφραση για την εντροπία, να εξηγεί ποια είναι η συναρτηση της θερμοκρασίας ως προς τη θερμότητα; Νομίζω ότι αυτό είναι κάτι χωρίς νόημα.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Ζήτησα αν μπορείς να αναφερθείς σε κάποια φυσικά φαινόμενα τα οποία η μία θεωρία δεν μπορεί να τα εξηγήσει, ενώ η δική σας θεωρία τους δίνει μία πλήρως ολοκληρωμένη και μαθηματικά στηριγμένη εξήγηση και απόδειξη.

Τέτοια πράγματα έχω ακουστά, όχι, αν θέλεις, τη σημασία της εντροπίας ή τον τρόπο διατύπωσης των νόμων.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Αυτή είναι πολύ απλή ερώτηση. Πρώτον, όλα τα βιβλία, εκτός από το δικό μας, λένε από την εισαγωγή ότι η Θερμοδυναμική εφαρμόζεται μόνο σε καταστάσεις θερμοδυναμικής ισορροπίας. Η δική μας Θερμοδυναμική εφαρμόζεται σε όλες τις καταστάσεις, είτε αυτές είναι θερμοδυναμικής ισορροπίας ή απλώς ισορροπίας ή ανισορροπίας ή καταστάσεις ρόνιμες ή μη ρόνιμες, δηλαδή καταστάσεις που είτε δεν αλλάζουν ή αλλάζουν τις ποσότητες των συστατικών εξαιτίας εισροών και εκροών.

Δεύτερον, όλα τα βιβλία, εκτός από το δικό μας, λένε από την εισαγωγή ότι η θεωρία της Θερμοδυναμικής εφαρμόζεται σε μεγάλα συ-

στήματα που έχουν πολύ μεγάλο αριθμό ατόμων. Η δική μας θερμοδυναμική εφαρμόζεται σε όλα τα συστήματα, είτε έχουν ένα σπιν, που είναι το πιο στοιχειώδες στοιχείο της φυσικής, είτε είναι ένα άτομο ή δυο ή πολλά.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Τι ακούω να μου λες: Ότι η παραδεχόμενη Θερμοδυναμική ασχολείται μόνο με καταστάσεις όπου υπάρχει θερμοδυναμική ισορροπία και μόνο με καταστάσεις στις οποίες υπάρχουν πολλά άτομα; Άρα, εδώ εμένα μου ταιριάζει ο όρος ημιτελής για την παραδεχόμενη θερμοδυναμική. Καλύπτει ένα φάσμα φυσικών φαινομένων και καταστάσεων αλλά δεν καλύπτει το πλήρες φάσμα.

Και ερχόσε και λέτε, εμείς καλύπτουμε όλο το φάσμα. Από το μικροσκοπικό, το ένα άτομο, μέχρι τις ολοκληρωμένες καταστάσεις, όπως επίσης δεν περιοριζόμαστε να διατυπώσουμε τη συμπεριφορά μόνο όταν υπάρχει θερμοδυναμική ισορροπία διότι η φύση ασφαλώς έχει και καταστάσεις μη θερμοδυναμικής ισορροπίας, τις οποίες αφήλωσε να περιγράψουμε σαν επιστημονικές. Είναι καπως έτσι;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Είναι κάπως έτσι αλλά και η περιγραφή που κάνουμε διαφέρει τόσο στο μικροσκοπικό όσο και στο μακροσκοπικό επίπεδο. Η διαφορά δεν είναι απλά μια πιο πλήρης εικόνα αλλά μια ριζικά διαφορετική ερμηνεία των φυσικών φαινομένων όπως αυτές που συνέβησαν από την κλασική μηχανική στην κβαντομηχανική ή στη θεωρία της σχετικότητας.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Επανέρχομαι στην αναζήτηση που φανομένον που δεν μπορούμε να περιγράψουμε με την παραδεχόμενη θερμοδυναμική. Η τελευταία έχει ένα ενδιαφέρον παράδοξο, με το οποίο έχουν ασχοληθεί πάρα πολλοί επιστήμονες, και αυτό είναι ο περίφημος Δαίμονας του Maxwell. Είναι και πάλι κλασικό αν που μπορεί χωρίς καμία δαπάνη να βγάλει έργο.

Ο Δαίμονας του Maxwell στη δική σας θεωρία παραμένει πάντοτε παράδοξο ή είναι κάτι για το οποίο βρκατε ορθολογισμένη εξήγηση;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Βρήκαμε δύο ορθολογισμένες εξηγήσεις: Ο Maxwell βρασιότακε στην ιδέα της στατιστικής ερμηνείας της Θερμοδυναμικής, που λέει ότι όταν ένα σύστημα βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία, τα σωματίδιά του κινούνται προς όλες τις καταστάσεις και έχουν ένα φάσμα ταχυτήτων.

Και επομένως ο Δαίμονας, που είναι πανίσχυρος και παντοδύναμος, μπορεί χωρίς καμία δαπάνη, να κοροθετήσει αυτό τα σωματίδια και να τοποθετήσει σε μια μεριά του συστήματος τα γρήγορα και σε άλλη μεριά τα σωματίδια που κινούνται αργά. Και επομένως από τη διαφορά των ταχυτήτων θα μπορούσε να βγάλει έργο από μια κατάσταση που στην αρχή ήταν σε θερμοδυναμική ισορροπία.

Εχω δημιουργήσει δύο τελειώς πρωτότυπες αποδείξεις. Μία από αυτές μπορεί να στην εξήγηση χρησιμοποιώντας την εικόνα που είναι στο εξώφυλλο του βιβλίου που της θερμοδυναμικής. Αυτή η εικόνα αντανάκλα τον προβολή του πολυδύστατου χώρου των ιδιοτήτων ενός συστήματος στο επίπεδο που έχει άξονες μόνο την ενέργεια και την εντρο-

μα. Η καρμύλα είναι η προβολή των καταστάσεων θερμοδυναμικής ισορροπίας και κάθε σημείο της αντιπροσωπεύει μία και μονον μία κατάσταση.

Λοιπόν, από αυτή την καρμύλα βλέπουμε ότι ο Δαίμονας του Maxwell δεν θα μπορούσε ποτε, σύμφωνα με τις οδηγίες που έδωσε ο Maxwell, να βγάλει μόνο ενέργεια από το σύστημα διότι δεν υπάρχουν καταστάσεις πιο μικρότερης ενέργειας από οποιοδήποτε σημείο αυτής της καρμύλης.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Και η δεύτερη απόδειξη;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Στη δεύτερη εργασία που έχω δημοσιεύσει για τον Δαίμονα αποδεικνύω, ξεκινώντας από τους νόμους της Κβαντομηχανικής, ότι όταν ένα σύστημα είναι σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας τίποτα δεν κινείται, η ταχύτητα κάθε ατόμου η μορίου είναι ίση με μηδέν.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Μπορείς να μου δώσεις άλλο ένα τέτοιο παράδειγμα; Το παραπάνω πράγμα δείχνει ότι αν είχε γίνει δεκτή η θεωρία σας, δεν θα είχε ζορευτεί τόσο μελάνι και τόσο χαρτί για να προσπαθεί η επιστήμη να εξηγήσει τον Δαίμονα του Maxwell. Με τη δική σας προσέγγιση ο Δαίμονας δεν θα είχε υπάρξει ποτέ.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Βεβαίως. Είναι αξιοσημείωτο ότι έχουν δημοσιευθεί περίπου εξακοσιές εργασίες και περίπου μία δεκάδα από βιβλία για τον Δαίμονα του Maxwell. Καμία από αυτές τις δημοσιεύσεις δεν είναι σωστή γιατί καμία δεν τηρεί τους όρους που έθεσε ο ίδιος ο Maxwell.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Θα προκώρῃω σε μία άλλη ερωτηση. Η θερμοδυναμική είναι ένα πολύπλοκο πρακτικό εργαλείο το οποίο χρησιμοποιούμε σαν μηχανικό για να κατασκευάσουμε υψηλής απόδοσης θερμικές μηχανές. Όλες αυτές τις θερμικές μηχανές τις έχουν σχεδιάσει μηχανικοί που σπούδασαν την παραδεχόμενη θεωρία.

Μπορείς να μου πεις αν με γνώση της δικής σας θερμοδυναμικής, θα μπορούσαν ή θα μπορούσαν να κατασκευάσουν υψηλότερης απόδοσης μηχανές;

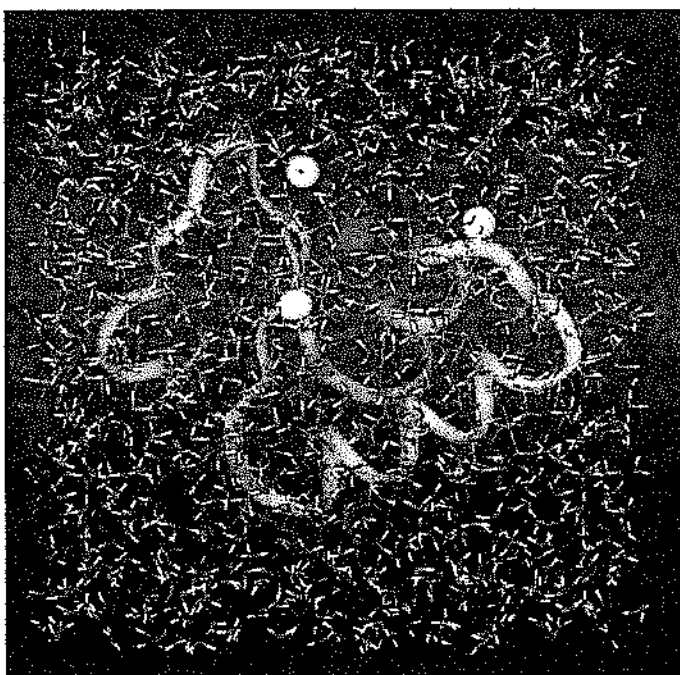
**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Και σε αυτό έχω δυο απαντήσεις. Η μία είναι ότι οι νόμοι της θερμοδυναμικής δεν επιβάλλουν τα φαινόμενα να είναι μη αντιστρεπτά. Οι νόμοι της θερμοδυναμικής σαν θεωρήματα έχουν τα εξής δυο συμπεράσματα:

«Αν ένα φαινόμενο είναι αντιστρεπτό η εντροπία δεν αυξάνει. Αν ένα φαινόμενο είναι μη αντιστρεπτό η εντροπία αυξάνει». Αυτή η διάκριση είναι σπουδαιότητας σημασίας διότι λέει ότι το μόνο όριο που έχουμε για την ποιότητα των φαινομένων είναι το αντιστρεπτό.

Και αυτό αποδεικνύεται από την πράξη διότι τα τελευταία περίπου 400 χρόνια, ο βαθμός απόδοσης των μηχανών έχει αυξηθεί από ένα μικρό κλάσμα του 1/10 τοις εκατό σε ημέρες που φθάνουν σε θερμικό βαθμό απόδοσης περίπου 70% και θερμοδυναμικό βαθμό απόδοσης 90% στην περίπτωση συνδυασμένου κύκλου με αεριοστρόβιλλους και ατμοστρόβιλλους.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Είτε το πούμε 90% είτε το πούμε 70%, την ίδια ποσότητα καύσιμου καταναλώνουμε και η ίδια ποσότητα κλοβατόρων παράγεται όμοια.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Βεβαίως. Δεν αρφιοβντούμε αυτό το πράγμα. Αλλά εκοντος στο μυαλό μας ότι η θερμοδυναμική δεν απαιτεί συγκεκριμένα ποσότητα αναντιστρεπτότητας, εκτός της μηδενικής, μπορούμε να σκεφτούμε περαιτέρω βελτίωση του θερμοδυναμικού βαθμού απόδοσης. Και αν θέλεις, όταν έρθει η ώρα, θα σου πω πώς μπορεί να γίνει αυτή η βελτίωση.



**ΜΩΥΣΗΣ:** Με ενδιαφέρει πάρα πολύ και θέλω να μου πεις γιατί δεν γίνεται.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Δεν γίνεται γιατί δεν έχουμε ακόμη τελειοποιήσει την ιδέα που πρόκειται τώρα να περιγράψω.

Έχω ένα μικρό παράδειγμα. Το ηλεκτροκίνητο ρολόι μας βασίζεται σε μία μικρή μπαταρία. Το ρολόι λειτουργεί με τη μικρή μπαταρία, επομένως κάνει έργο. Αλλά είναι τέτοια η κατασκευή αυτής της μικρής μπαταρίας ούτως ώστε στο διάγραμμα της ενεργείας ως προς την εντροπία του εξωφύλλου του βιβλίου μας, θα πρέπει να είναι σε κατάσταση μη θερμοδυναμικής ισορροπίας. Γιατί όπως είπαμε αν είναι σε θερμοδυναμική ισορροπία δεν μπορεί να παράγει έργο.

Και έχουμε την εξής φράση συγκυρία. Η χρονική σταθερά αυτασφωρισμού αυτών των μικρών μπαταριών που είναι στα ρολόγια μας είναι πολύ μεγαλύτερη από τη χρονική σταθερά αποφορτίσεως με την παραγωγή έργου.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Με άλλα λόγια, μια μπαταρία που έχουμε σε ένα ρολόι παίρνει πολύ περισσότερο χρόνο για να αποφορτιστεί από τον χρόνο αποφορτίσεως της μέσα στο ρολόι.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Ακριβώς. Και έτσι αυτό δείχνει ένα νέο πεδίο εκμεταλλεύσεως υλικών για να παίξουμε μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης. Αν μπορούσαμε να μιμηθούμε καταστάσεις σαν αυτές στις οποίες υπακούει η μικρή μπαταρία του ρολογιού μας, δηλαδή να προσπαθήσουμε να βγάλουμε έργο από ένα σύστημα που δεν βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία αλλά βρίσκεται κάπου μεταξύ καταστάσεων μικρής και μεγιστής εντροπίας, θα έχουμε απόψεις, αλλά αν η κατασκευή είναι κατάλληλη, οι απόψεις βαθμού απόδοσης θα είναι μικρότερες και επομένως η κατασκευή μας θα έχει μεγάλο ευεργέτημα για την αξιοποίηση της ενέργειας.

Και η ελπίδα μου είναι, παρότι δεν έχω ασχοληθεί πολύ λεπτομερώς με το πρόβλημα,

ότι η νανοτεχνολογία πιθανόν να οδηγήσει σε πρόοδο σε αυτόν τον τομέα.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Στο Ινστιτούτο στο οποίο εργάζομαι και διέπρεψες έχει δημιουργηθεί ήδη ένα Συμβόλαιο Ενεργείας, στο οποίο μετέχουν καθηγητές και ερευνητές πολλών Σχολών και Εργαστηρίων που ασχολούνται με το θέμα της Ενεργείας. Προσπαθώ, όπως φαντάζεσαι, να παρακολουθήσω αυτές τις εργασίες που έχουν σχέση με το ενεργειακό πρόβλημα μια και έχω κάποιο ρόλο εδώ στην Ελλάδα.

Ένα από τα μεγάλα θέματα αυτών των ερευνών είναι το θέμα συγχρονικών πολύ μεγάλης απόδοσης συσσωρευτών ούτως ώστε και αυτό τον τρόπο να μπορούσαν να αξιοποιηθούν η ηλεκτρική ενέργεια και η σιλικόνη ενέργεια για να μπορεί να αποθηκεύεται το ρεύμα και να χρησιμοποιείται τις ώρες και τις μέρες που δεν υπάρχει ήλιος ή δεν υπάρχει αέρας.

Βλέπεις ότι η έννοια των καταστάσεων μη θερμοδυναμικής ισορροπίας και της νανοτεχνολογίας μπορεί να χρησιμοποιηθούν ώστε κάποτε να προκύψει κάποια χρήσιμη εφαρμογή;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Δεν έχει γίνει με τον τρόπο που το περιέγραψα γιατί όλοι οι συνάδελφοι ανά την υφήλιο, όταν ανοίξουν τα βιβλία της θερμοδυναμικής, οι μόνες πληροφορίες που μπορούν να πάρουν είναι για καταστάσεις θερμοδυναμικής ισορροπίας.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Αυτό είναι πολύ σημαντικό που λες τώρα. Θα σε μεταφέρω και σε ένα πολύ διαφορετικό πεδίο. Έχουν περάσει από τα χέρια σου εκατοντάδες φοιτητές και ξέρω πόση εκτίμηση έχουν στο προσωπό σου. Μπορώ να σε υποβιβάζω και από καθηγητή του MIT να σε κάνω δάσκαλο Δημοτικού Σχολείου;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Το κάνω όλη τη μέρα στα εννέα εγγόνια μου.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Λοιπόν, μου πήρε 9 κεφάλαια για να βρω τον ορισμό της θερμοκρασίας στο

βιβλίο σας. Αλλά τώρα είσαι δάσκαλος Δημοτικού Σχολείου και σκόνη το χέρι μου και λέω: δάσκαλε, δάσκαλε, τι είναι θερμοκρασία; Τι θα μου πεις;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Κοίταξε, θα σου απαντήσω σε αυτό. Όταν το βιβλίο αυτό εστάλη προς κρίση από διαφόρους καθηγητές θερμοδυναμικής στις ΗΠΑ, ένας καθηγητής από το πανεπιστήμιο της Πολιτείας της Νέας Υόρκης έγραψε την εξής κριση: «Ο Γυφτοπουλος μας λέει ότι η θερμοκρασία είναι το μερικό διαφορικό της ενέργειας ως προς την εντροπία. Τι νομίζει ότι είμαστε; Δικηγόροι; Η θερμοκρασία είναι αυτό που μετράμε με το θερμομέτρο».

**ΜΩΥΣΗΣ:** Δεν θα μου ξεφύγει τόσο εύκολα.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Δεν σου ξεφεύγω.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Μου απαντήστε σαν καθηγητής του MIT πάλι. Σε παρακάλεσα να μου το αναλύσεις σαν δάσκαλος. Εγώ ρώτησα ένα παιδί. Του ζήτησα να μου γράψει τι είναι θερμοκρασία και μου έγραψε: «Θερμοκρασία είναι μία κλίμακα με την οποία μετράμε την θερμότητα». Αυτό του είπαν στο σχολείο. Λάθος; Σωστό;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Λάθος. Γιατί χρησιμοποιεί τον όρο θερμότητα που δεν έχει τη σημασία του και επιπλέον η θερμοκρασία δεν είναι μέτρο της θερμότητας.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Αυτή η δασκάλα, τι να πει στο παιδί;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Δεν ξέρω αν είναι εύκολο να πεις στο παιδί. Κοίταξε, έχουμε μία έννοια που τη λέμε θερμοκρασία και όταν ισχύει αυτή η έννοια μπορούμε και τη μετράμε. Αλλά έχουμε και περιπτώσεις πάρα πολλές για τις οποίες παρότι έχουμε παρόμοια κατάσταση ή φαινόμενα δεν μπορούμε να διαπιστώσουμε θερμοκρασία. Θα ήταν αυτό μία εισαγωγή.

Δεν είναι τόσο εύκολο να περιγράψεις κάτι που βγαίνει από μία μαθηματική εξέλιξη της θεωρίας σε ένα μικρό παιδί. Λες ναί μεν, ότι υπάρχει και τι που μετράμε με ένα θερμομέτρο αλλά αυτό δεν σημαίνει ότι έχουμε περιγράψει τη θεωρητική έννοια.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Το παιδί αυτό μπορεί να γίνει γιατρός, να μην μάθει ποτέ θερμοδυναμική, αλλά πρέπει να ξέρει τι είναι πυρετός.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Εντάξει. Αυτό που κάνει είναι κατά προσέγγιση πολύ σωστό. Και λέω κατά προσέγγιση διότι ο οργανισμός μας δεν βρίσκεται σε θερμοδυναμική ισορροπία. Αλλά εν πάση περιπτώσει μετράμε κάτι με το θερμομέτρο που είναι αρκετά χρήσιμο για την υγεία μας χωρίς να ακριβολογούμε επιστημονικά.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Όμως και με αυτό το απλοϊκό θέμα που σου έθεσα, φτάνουμε στο συμπέρασμα ότι ο ορισμός που χρησιμοποιούμε στην παραδεχόμενη θερμοδυναμική για τη θερμοκρασία είναι ότι λάθος, αλλά ημετέλης. Συμφωνούμε σε αυτό;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Ναι, συμφωνούμε απολύτως, με την επιφύλαξη ότι το θερμομέτρο δείχνει μια θερμοκρασία και όταν το αντικείμενο δεν είναι σε θερμοδυναμική ισορροπία. Αυτό όμως δεν σφραγίζει ότι η ένδειξη είναι η θερμοκρασία της θερμοδυναμικής.

**ΜΩΥΣΗΣ:** Είναι καλό πάντως να συμφωνούμε ότι τουλάχιστον δεν είναι λάθος.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Δεν είπα ότι δεν είναι λάθος. Είπα ότι είναι μια χρήσιμη πληροφορία για το γιατρό αλλά όχι επιστημονικά σωστή.

**ΜΟΥΣΗΣ:** Επόμενο ερώτημά μου: Με έχεις κάνει να θέλω να μάθω περισσότερα για ένα φαινόμενο το οποίο στη Φυσική, και όπως πρόσφατα πληροφορήθηκα και στα οικονομικά, ονομάζεται η Κίνηση του Brown, Brownian Movement.

Τι σε έκανε να καταπατήσεις με το Brownian Movement;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Πριν από σχεδόν 30 ή 35 χρόνια αγόρασα ένα βιβλιαράκι το οποίο είχε γράψει ο Αϊνστάιν και το οποίο έχει εκδοθεί μετά τον θάνατό του από την Dover Publications. Η Dover Publications δημοσιεύει βιβλία γραμμένα από μεγάλους φυσικούς και επιστήμονες στην τεχνολογία και στη Φυσική.

**ΜΟΥΣΗΣ:** Είναι αλήθεια ότι το βιβλίο σας έχει εκδοθεί από την Dover Publications; Πρέπει να είναι μεγάλη ικανοποίηση για σας αυτή.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Βεβαίως είναι. Να ολοκληρώσω όμως για τον Αϊνστάιν.

Ένα από τα φαινόμενα που ήταν απασχολημένος από το 1905 μέχρι το 1920 και για το οποίο έγραψε πολλές εργασίες ήταν το φαινόμενο της κίνησης που λεγεται Κίνηση Brown. Ήταν ο πρώτος που προσπαθούσε να το αναλύσει θεωρητικά. Χρειάζεται να πω τι είναι, ή ξέρουμε τι είναι;

**ΜΟΥΣΗΣ:** Θα δοκιμάσω και διόρθωσέ με. Ο Brown ήταν ένας βοτανολόγος ο οποίος το 1827 παρατήρησε με το μικροσκόπιο του την τυχαία κίνηση που κάνουν τα σωματίδια της γύρης, όταν τοποθετηθούν σε μια αιχρόνια νερού χωρίς να είναι εμφανής κάποια δύναμη που τα κινεί. Επανάλαβε το πείραμά του πολλές φορές και τα σωματίδια δεν σταματούσαν να κινούνται επί σχετικό πάρα πολλά χρόνια. Ο Brown δεν είχε τις γνώσεις για να εξηγήσει το φαινόμενο. Απλά κατέγραψε τις παρατηρήσεις του με πολλή προσοχή.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Σωστά. Μετά από αυτόν πάρα πολλοί επιστήμονες, αρχίζοντας από τον Αϊνστάιν, ασχολήθηκαν και έδωσαν διάφορες αιτιολογίες για αυτό το φαινόμενο.

Είχα αγοράσει το μικρό βιβλίο των Dover Publications και είχα την εξής απορία: πώς είναι δυνατόν να υπάρχει κίνηση όταν τα πράγματα βρίσκονται σε θερμοδυναμική ισορροπία; Γιατί όταν, όπως στις παρατηρήσεις του Brown, αφήσεις τα πράγματα εκτεθειμένα στο περιβάλλον, αργά ή γρήγορα θα έρθουν σε θερμοδυναμική ισορροπία. Και το αργό δεν είναι τις τάξεις των δεκαετιών. Είχα λοιπόν το βιβλιαράκι αυτό του Αϊνστάιν σε ένα ράφι ακριβώς πίσω από την καρέκλα του γραφείου μου στο MIT και κάθε τόσο το άνοιγα, το κοιτάζα, το διάβαζα και δεν καταλάβαινα γιατί υπήρχε αυτή η αέναος κίνηση.

**ΜΟΥΣΗΣ:** Ο Αϊνστάιν έδινε μία μαθηματική εξήγηση για το φαινόμενο;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Δεχόταν ότι τα σωματίδια κινούνται όπως ισχυρίζεται η στατιστική ερμηνεία της θερμοδυναμικής για καταστάσεις θερμοδυναμικής ισορροπίας, και έκανε και μια αριθμητική εκτίμηση αυτής της ταχύτητας.

Και τώρα πρέπει να σου πω ότι αισθάνομαι πολύ ευτυχής γιατί έλυσα την απορία η οποία με βασάνιζε για σχεδόν τρεις δεκαετίες, και κατάλαβα τι ακριβώς συμβαίνει στα φαινόμενα της κίνησης Brown. Αρχίζω με τις εξής παρατηρήσεις. Όπως είπαμε, το σύστημα στο οποίο ο Brown παρατηρούσε σωματίδια να κινούνται αετέως, βρίσκονταν σε θερμοδυναμική ισορροπία. Εγώ είχα το πρόβλημα: πώς είναι δυνατόν να παρατηρείται η Κίνηση Brown ενώ έχω αποδείξει με απόλυτη ακρίβεια, χωρίς προσεγγίσεις και χωρίς παραδοχές, ότι όταν κάτι είναι σε θερμοδυναμική ισορροπία τι-

ποτα δεν κινείται; Και δεν μπορούσα να το λύσω αυτό το πρόβλημα. Με βασάνιζε. Κάθε μέρα, κάθε μήνα, κάθε χρόνο, ξανάκαι ξανά το βιβλίο του Αϊνστάιν αλλά δεν μπορούσα να δώσω εξήγηση.

Και τελικά αναγνώρισα την ερμηνεία με τη βοήθεια του συναδέλφου μου, τον ξέρεις πολύ καλά, του Γρηγόρη Μπίτσση, που είναι απόφοιτος του MIT και μέχρι πριν από λίγα χρόνια επικεφαλής του τμήματος χημικών μηχανικών στο πανεπιστήμιο Tufts.

Μου είπε ότι το φαινόμενο που παρατηρούμε στην Κίνηση Brown συμβαίνει σε συστήματα που αποτελούνται από έναν διαλυτή και ένα κολλοειδές. Εξ ορισμού, αυτοί οι όροι εννοούν ότι το κολλοειδές δεν διαλύεται από τον διαλυτή και ισοδύναμα ο διαλυτής δεν διαλύεται από το κολλοειδές.

**ΜΟΥΣΗΣ:** Πίσω στην παρατήρηση του Brown, λοιπόν. Τα μάτια του Brown έβλεπαν μία κατάσταση στην οποία συνυπήρχαν διαλυτής και κολλοειδές. Το νερό ήταν ο διαλυτής και τα σωματίδια το κολλοειδές. Και προφανώς τα σωματίδια δεν διαλύονται στο νερό.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Ακριβώς και τονόπαλιν. Πριν από 30 χρόνια, ίσως και λίγο περισσότερα, ο Γιώργος Χαϊσόπουλος και εγώ είχαμε γράψει μία εργασία που δημοσιεύτηκε στα πρακτικά της Αμερικανικής Ακαδημίας Επιστημών, και στην οποία υπολογίζαμε το χημικό δυναμικό μιας ορισμένης ουσίας, σε διάφορες καταστάσεις.

Σε αυτή την εργασία αποδείξαμε, μεταξύ άλλων, ότι όταν μια ουσία δεν είναι παρούσα μέσα σε ένα χημικό σύστημα, το χημικό δυναμικό της ουσίας που απουσιάζει είναι ίσον με μείον άπειρο.

Ετσι, λοιπόν, έκανα τους εξής συλλογισμούς: Συμπεράνα πρώτα από όλα, ότι το κολλοειδές και ο διαλυτής έχουν την ίδια θερμοκρασία και την ίδια πίεση. Έχουν όμως άπειρες διαφορές χημικών δυναμικών. Δηλαδή, η τιμή του χημικού δυναμικού οποιουδήποτε συστατικού του κολλοειδούς είναι απείρως μεγαλύτερη από το αντίστοιχο χημικό δυναμικό της ουσίας που δεν υπάρχει στο διαλυτή και ταυτόπαλιν.

**ΜΟΥΣΗΣ:** Είναι λοιπόν δύο ουσίες που συνυπάρχουν σε ένα χώρο και έχουν μεταξύ τους

άπειρες διαφορές χημικών δυναμικών.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Όπως θα δεις στο βιβλίο μου, παρουσιάζουμε κάθε διαφορά χημικών δυναμικών ως μία δύναμη που προαγάγει τη χημική αντίδραση. Και εφόσον είναι άπειρη η διαφορά, θα είναι άπειρη η δύναμη που προσπαθεί να προαγάγει τη χημική αντίδραση.

Αλλά δεν γίνεται λόγω της φύσεως του κολλοειδούς σε σχέση με το διαλυτή και τονόπαλιν. Αυτές οι απείρως μεγάλες χημικές δυνάμεις δεν καταλήγουν σε χημικές αντιδράσεις αλλά έχουν σαν αποτέλεσμα αλλαγές των σχημάτων των ογκών του διαλυτή και του κολλοειδούς.

**ΜΟΥΣΗΣ:** Αυτό δημιουργεί την κίνηση;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Αυτό μας φαίνεται σαν κίνηση. Αλλά πρόσεξε, αυτή η αλλαγή δεν αλλάζει την τιμή του όγκου, δεν αλλάζει την τιμή της ενεργείας και δεν αλλάζει τις τιμές των συστατικών του καθενός από τα δύο συστήματα. Επομένως δεν αλλάζει ούτε την τιμή της εντροπίας καθενός από τα δύο συστήματα.

**ΜΟΥΣΗΣ:** Σε διακόπηκα γιατί είπες «αυτή μας φαίνεται σαν κίνηση». Γιατί το «μας φαίνεται»; Στην περίπτωση των παρατηρήσεων του Brown, τα σωματίδια φωτογραφίζονται και καταγράφεται αλλαγή θέσης, άρα υπάρχει κίνηση.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Χρησιμοποίησα την ορολογία «μας φαίνεται» γιατί θέλω να κάνω διάκριση μεταξύ οπτιών και αισιού. Και στην προκειμένη περίπτωση η κίνηση είναι αυτό που βλέπουμε. Αλλά η κίνηση δεν είναι η αιτία του φαινομένου που βλέπουμε. Η αιτία είναι η ύπαρξη των άπειρων διαφορών μεταξύ των τιμών των χημικών δυναμικών.

**ΜΟΥΣΗΣ:** Ομολογώ ότι εδώ δυσκολευομαι γιατί κατά τη δική μου αντίληψη, κάθε κίνηση είναι αιτιατό και η δύναμη που την προκαλεί είναι το αίτιο. Αλλά ας ολοκληρώσουμε.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Πρέπει να ολοκληρώσω, γιατί είναι πολύ σημαντικό αυτό το πράγμα. Αυτές οι διαφορές μεταξύ των χημικών δυναμικών αλλάζουν το σχήμα της διαχωριστικής επιφανείας μεταξύ των δύο συστατικών χωρίς να αλλάζουν τον ογκο καθενός από τα δύο συ-

στατικά. Αλλαγή του σχήματος του ογκού έχει κβαντομηχανικές επιπτώσεις, διότι το σχήμα του ογκού καθορίζει τις κβαντοσυνάρτησεις, αν θέλεις, για να το απλοποιώσω, στην κβαντική περιγραφή του φαινομένου.

Αυτή η αλλαγή είναι μία επανατοίχιση των συστατικών των δύο υλικών τα οποία μας απασχολούν, σε διαφορετικές κβαντικές καταστάσεις σε εμάς φαίνεται ως κίνηση. Αλλά το αίτιο είναι η αλλαγή των σχημάτων των σταθερών ογκών και η ανακατατάξη σε διαφορετικές κβαντοσυνάρτησεις.

**ΜΟΥΣΗΣ:** Και ποια ήταν η προσέγγιση στο βιβλιαράκι του Αϊνστάιν;

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Ο Αϊνστάιν χρησιμοποίησε τη στατιστική ερμηνεία της θερμοδυναμικής η οποία έχει ως βάση ότι τα σωματίδια ενός συστήματος σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες, και με αυτές τις ταχύτητες έκανε τους υπολογισμούς του.

Οι θεωρίες μου της θερμοδυναμικής αποδεικνύουν ότι η στατιστική θεωρία της θερμοδυναμικής δίδει μερικά κρισημικά αποτελέσματα αλλά είναι τελείως εσφαλμένα.

Και για να ολοκληρώσω την απάντησή μου, θα δεις πώς μπορεί να υπάρχουν τα φαινόμενα του Brownian Movement χωρίς να οφείλονται σε κινήσεις των μορίων του διαλυτή και του κολλοειδούς. Εδώ θα ηω ένα απλό παράδειγμα.

Ας υποθέσουμε ότι έχουμε ένα κομμάτι ζύμης που δεν έχει ξεραθεί ακόμα. Και επίσης έχουμε ένα κομμάτι σιδήρου. Δεν κινείται τίποτα, ούτε το ζυμάρι ούτε ο σίδηρος. Εφαρμόζουμε σε αυτό το κομμάτι του σιδήρου ένα ηλεκτρομαγνητικό πεδίο το οποίο αρχίζει και σπράχνει το σίδηρο και επειδή το ζυμάρι είναι μαλακό, υποχωρεί.

Εδώ θα έλεγες ότι η κίνηση του σιδήρου δημιουργήθηκε το φαινόμενο: Ή ότι εξάρκασε μία δύναμη σε μία επιφάνεια που ήταν ευέλικτη.

**ΜΟΥΣΗΣ:** Εμένα το ερώτημά μου δεν ήταν ποιο ήταν το αίτιο. Ήταν το κατά πόσον το ζυμάρι πράγματι λυγίσε...

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Πράγματι το ζυμάρι λυγίσε. Δεν το σφαιροποίησε αυτό. Αλλά ως ότι η αιτία είναι διαφορετική.

**ΜΟΥΣΗΣ:** Μπορώ να συμπεράνω ότι, κατά την άποψή σας, η παραδεχόμενη είναι μία θεωρία η οποία εξηγεί φαινόμενα και δίνει δυνατότητα σωστων υπολογισμων και κατασκευών αλλά σε ένα περιορισμένο επίπεδο, αυτό της θερμοδυναμικής ισορροπίας. Δεν καλύπτει όλες τις φυσικές καταστάσεις.

**ΓΥΦΤΟΠΟΥΛΟΣ:** Συμφωνώ απόλυτως με αυτό που είπες ότι πάρα πολλά από τα αποτελέσματα που ισχύουν στα βιβλία της θερμοδυναμικής είναι ακριβή. Όμως, υπάρχουν βασικές διαφορές. Όλα τα βιβλία του κοσμου (Φυσικής και θερμοδυναμικής) λένε: «Η θερμοδυναμική είναι μία μακροσκοπική στατιστική θεωρία που ισχύει μόνο για καταστάσεις θερμοδυναμικής ισορροπίας που θεωρούνται ως καταστάσεις πλήρους αταξίας. Οι δικές μας εργασίες διαφέρουν ριζικά. Η θερμοδυναμική: (i) δεν είναι στατιστική θεωρία, (ii) ισχύει για όλα τα συστήματα (ένα σωματίδιο ή πολλά), (iii) ισχύει για όλες τις καταστάσεις (θερμοδυναμική ισορροπία και μη, (iv) η εντροπία δεν είναι μέτρο πλήρους αταξίας σε καταστάσεις θερμοδυναμικής ισορροπίας αλλά μια συμφορής ιδιότητα της ύλης όλων των συστημάτων και όλων των καταστάσεων, και σε θερμοδυναμική ισορροπία περιγράφει την απόλυτη τάξη του συστήματος.

Άρα, η λογική συτοχή και οι λογικές συνέπειες των άλλων θεωριών βασίζονται σε εσφαλμένες παραδοχές. Για αυτό δεν υπάρχει καμία αμφιβολία.



«Ο ορισμός που χρησιμοποιούμε στην παραδεχόμενη θερμοδυναμική για τη θερμοκρασία είναι όχι λάθος, αλλά ημιτελής»

**Ηλίας Γυφτόπουλος: «Ο Αϊνστάιν χρησιμοποίησε τη στατιστική ερμηνεία της θερμοδυναμικής, η οποία έχει ως βάση ότι τα σωματίδια ενός συστήματος σε κατάσταση θερμοδυναμικής ισορροπίας κινούνται με διαφορετικές ταχύτητες, και με αυτές τις ταχύτητες έκανε τους υπολογισμούς του. Οι θεωρίες μου της θερμοδυναμικής αποδεικνύουν ότι η στατιστική θεωρία της θερμοδυναμικής δίδει μερικά χρήσιμα αποτελέσματα, αλλά είναι τελείως εσφαλμένα».**

