

Ο Λαβουαζιέ και η Διατήρηση της Μάζας

Ήταν ωραίος ο Σεπτέμβρης του 1782 και το Παρίσι ήταν πολύ ευχάριστο εκείνη την εποχή του χρόνου. Ένα πρωινό, ένα ζευγάρι σηκώνεται από το τραπέζι του πρωινού τους και πηγαίνει σε ένα δωμάτιο που το χρησιμοποιούσε ως χημικό εργαστήριο. Φαίνονταν πλούσιοι, τα ρούχα τους και το σπίτι τους έδειχναν ότι ήταν μέλη της γαλλικής ανώτερης τάξης. Για την ακρίβεια ο άντρας ήταν ο Αντουάν Λοράν Λαβουαζιέ (Antoine Laurent Lavoisier), ένας γνωστός χημικός σαράντα περίπου ετών. Ήταν μέλος της Ακαδημίας των Επιστημών των Παρισίων από τα τέλη της δεκαετίας του 1760 και επίσης ένας από τους φοροεισπράκτορες του Γάλλου βασιλιά – μια θέση που αποτελούσε τη βάση του πλούτου του. Η γυναίκα του, Μαρία ήταν περίπου 15 χρόνια νεότερη από τον Αντουάν, ένα όμορφο και πολύ λαμπερό πρόσωπο που δεν ενδιαφερόταν για τις επιστήμες, αλλά ήταν επίσης καλή στις γλώσσες (εκείνη ήταν που μετέφραζε στα Αγγλικά τις δημοσιεύσεις του συζύγου της). Επιπλέον, στο σαλόνι της πολλοί έξυπνοι και σημαντικοί άνθρωποι συναντιόνταν τακτικά και συζητούσαν για τη λογοτεχνία, τις τέχνες και τις επιστήμες.

Εκείνη τη στιγμή, ο Αντουάν και η Μαρία έκαναν πειράματα με αέρια και πιο συγκεκριμένα με ένα μέρος του αέρα. Αρχικά, είχε θεωρηθεί ότι ο αέρας είναι μια απλή ουσία, ένα στοιχείο, ωστόσο, πρόσφατα, κάποιοι χημικοί, όπως ο Τζόζεφ Πρίστλεϊ (Joseph Priestley) και ο Χένρυ Κάβεντις (Henry Cavendish) απέδειξαν ότι ο κοινός αέρας ήταν ένα μείγμα διαφορετικών αερίων. Επιπλέον, το νερό είχε αποδειχθεί ότι μπορεί να διασπασθεί σε δύο αέρια και ότι μπορούσε να συντεθεί και πάλι από αυτά τα δύο αέρια. Αυτό ήταν επίσης αξιοσημείωτο, καθώς το νερό – όπως και ο αέρας – είχε παλιότερα θεωρηθεί ότι ήταν χημικό στοιχείο. Και ένα από τα αέρια που σχηματίζουν το νερό ήταν επίσης μέρος του αέρα, ένα αέριο που ο Λαβουαζιέ είχε ονομάσει οξυγόνο (<οξύ + γόνος, αυτός που γεννά οξύ, παραγωγός οξέος), καθώς είχε θεωρήσει ότι αυτό το αέριο είχε ζωτική σημασία για τον σχηματισμό των οξέων. Ταυτόχρονα, το να ονομάσει αυτό το νέο αέριο, ήταν φυσικά και μια προσπάθεια να καταδείξει τη σημασία της δουλειάς του σε αυτές τις ουσίες. Με αυτό το συγκεκριμένο αέριο ο Λαβουαζιέ πειραματιζόταν εδώ και αρκετό καιρό.

Καθώς περπατούσαν προς το εργαστήριο, η Μαρία ρώτησε «Τι θα κάνουμε σήμερα; Θα ξαναμελετήσουμε τις αντιδράσεις μεταξύ του οξυγόνου και των μετάλλων;». Ο Αντουάν απάντησε «νομίζω ότι θέλω να ξανακάνω το πείραμα με το συνδυασμό του οξυγόνου με το εύφλεκτο αέριο, όπως το ονόμασε ο κ. Πρίστλεϊ. Καλό θα ήταν να δούμε αν η διάσπαση μπορεί να αντιστραφεί». «Τί εννοείς όταν λες να αντιστραφεί;», ρώτησε η Μαρία. «Λοιπόν, έχουμε μάθει ότι το νερό μπορεί να διασπαστεί σε οξυγόνο και σε εύφλεκτο αέρα. Επιπλέον, αν προκληθεί ανάφλεξη του εύφλεκτου αερίου στον κοινό αέρα, παίρνουμε νερό. Έτσι, φαίνεται ότι το νερό είναι μια ένωση που σχηματίζεται από

οξυγόνο και εύφλεκτο αέριο. Εάν μπορέσω να αποδείξω ότι το νερό μπορεί να συντίθεται από οξυγόνο και εύφλεκτο αέριο και να διασπάται σε οξυγόνο και εύφλεκτο αέριο, τότε θα μπορούμε να είμαστε σίγουροι ότι το νερό είναι ο συνδυασμός αυτών των δύο ουσιών. «Χμμ,», έκανε η Μαρία, «βλέπω πού το πας, αλλά...» Δίστασε και έμεινε σκεπτική για λίγες στιγμές, ενώ ο Αντουάν έστηνε κιόλας τη γυάλινη διάταξη που θα χρησιμοποιούσε για το πείραμα της καύσης. «Άκουσε Αντουάν, πώς μπορείς να είσαι σίγουρος ότι το νερό που πρόκειται να παράξεις είναι ο ακριβής συνδυασμός των δύο αερίων;» Δίχως να σταματήσει αυτό που έκανε, ο Αντουάν είπε: «Τι εννοείς όταν λες ακριβής συνδυασμός;» «Πώς μπορείς να είσαι σίγουρος ότι είναι μόνο αυτά τα δύο αέρια που σχηματίζουν το νερό;» «Λοιπόν, είχα αυτό το ποτήρι γεμάτο με νερό στην αρχή της διάσπασης και θα είναι και πάλι γεμάτο στο τέλος της καύσης.»

Η Μαρία σκέφτηκε: «Αυτό ακούγεται λογικό, όμως... Τα αέρια είναι πολύ περισσότερα από ό,τι το νερό – πώς θα μπορούσαν αυτές οι τεράστιες ποσότητες αερίων να σχηματίζουν αυτό το μικρό όγκο νερού σε υγρή κατάσταση;» «Επειδή τόσο αέριο παράγεται από την ίδια μικρή ποσότητα υγρού», απάντησε ο Αντουάν. Αλλά Μαρία επέμεινε: «Πώς μπορείς να είσαι σίγουρος ότι δεν υπάρχει τίποτα άλλο που να εισέρχεται ή να εξέρχεται κατά τη διαδικασία της καύσης; Φαίνεσαι να είσαι πολύ απροσεκτος με αυτή την αντίδραση.» «Τι εννοείς;» Τουλάχιστον τώρα η Μαρία κέρδισε την προσοχή του Αντουάν, που σταμάτησε τη δουλειά του με τη διάταξη. «Αντουάν, αυτό που με απασχολεί είναι το εξής: Υποθέτεις ότι αν παράγεις τα δύο αέρια από μια ορισμένη ποσότητα νερού και αν παράγεις και πάλι νερό από τα ίδια αέρια, θα καταλήξεις στο συμπέρασμα ότι τίποτα άλλο δεν εμπλέκεται. Επίτρεψέ μου να χρησιμοποιήσω μια αναλογία:

Για τη συλλογή των φόρων, είσαι πολύ προσεκτικός στο να καταγράφεται στα βιβλία κάθε αντικείμενο που εισάγεται στην πόλη του Παρισιού. Ακόμα περισσότερο, έχεις μόλις προτείνει να χτιστεί ένα τείχος γύρω από την πόλη για να ελέγχονται τα εισερχόμενα και τα εξερχόμενα εμπορεύματα για φορολογικούς σκοπούς. Απλά αναρωτιέμαι μήπως θα πρέπει να είμαστε το ίδιο προσεκτικοί και με τις χημικές αντιδράσεις μας.»

Ο Αντουάν σκέφτηκε φωναχτά: «Τήρηση βιβλίων στη χημεία, αυτό θα ήταν μια εντελώς νέα προσέγγιση. Και όμως, ίσως να υπάρξει κάποιο κέρδος από αυτό. Λοιπόν, θα πρέπει να ζυγίζουμε όλες τις ουσίες, για να είναι δυνατή μια τέτοια προσέγγιση. Αυτό θα είναι δύσκολο με τα αέρια, μα θα μπορούσαμε να προσπαθήσουμε να το κάνουμε πιο συστηματικά με τα μέταλλα». Άρχισε να στήνει μια διαφορετική διάταξη, μια γυάλινη φιάλη στην οποία τοποθέτησε λίγο μόλυβδο. Όταν ο μόλυβδος θερμαινόταν, μετατρεπόταν σε οξειδία του μολύβδου, μια ουσία που αρχικά εθεωρείτο ότι ήταν ένα στοιχείο, αλλά, όπως είχε πρόσφατα δείξει ο Λαβουαζιέ, ήταν ένας συνδυασμός του μολύβδου και του οξυγόνου, οπότε ο μόλυβδος θα έπρεπε να θεωρηθεί ως το στοιχείο. Ωστόσο, αυτή τη φορά, στην αρχή του πειράματος είχε ζυγίσει το μόλυβδο και στο τέλος, υπήρχε μια σημαντική αύξηση. Η Μαρία επισήμανε: «Αν κατάλαβα σωστά την καινούρια σου ερμηνεία για την αντίδραση, το μέταλλο συνδυάζεται με το οξυγόνο του αέρα. Συνεπώς αν η υπόθεσή σου είναι σωστή, ο αέρας θα πρέπει να έχει χάσει βάρος.» «Ευφυνέστατο» απάντησε ο Αντουάν και ενώ η Μαρία δεν ήταν σίγουρη αν το εννοούσε ή αν ήταν σαρκαστικός, ο Αντουάν συνέχισε, «και πώς θα μπορούμε να μετράμε αυτή την απώλεια του βάρους του αέρα;» «Λοιπόν, αν τα έχεις κλείσει όλα ερμητικά, τότε θα μπορούμε να διαπιστώσουμε αν υπάρχει κάποια αλλαγή στο βάρος. Αν δεν υπάρχει καμία αλλαγή, τότε...» Ο Αντουάν τη διέκοψε «... τότε το κέρδος του βάρους του οξειδίου του μετάλλου θα πρέπει να οφείλεται στην απώλεια βάρους του αέρα. Όπως είπα, αγαπητή μου, είσαι ευφυνέστατη!» Η Μαρία χαμογέλασε, «Καλέ μου Αντουάν, από τότε που έκαψες θείο σε κλειστό δοχείο δεν είναι η τήρηση βιβλίων στη χημεία αυτό που κάνεις;» είπε, ενώ ο Αντουάν έστηνε το νέο πείραμα, αυτή τη φορά διασφαλίζοντας ότι η φιάλη ήταν ερμητικά σφραγισμένη. Ζύγισε τη σφραγισμένη φιάλη σε ένα ζυγό με δοκό ισορροπίας, στη συνέχεια θέρμανε το μόλυβδο, ο οποίος μετασχηματίστηκε στο οξείδιό του και μετά έβαλε πάλι τη

σφραγισμένη φιάλη στο ζυγό. «Ισορροπία», ψιθύρισε, «εξακολουθεί να είναι σε ισορροπία». «Ας δοκιμάσουμε και κάποια άλλα» πρότεινε η Μαρία και αμέσως έστησαν παρόμοια πειράματα με διαφορετικά μέταλλα. Οι επόμενες μέρες ήταν κοπιαστικές, πολλά πειράματα έγιναν και το αποτέλεσμα τους ήταν πάντα ίδιο, η μάζα διατηρούνταν. Ο Αντουάν ήταν ενθουσιασμένος, όμως, ήξερε καλά ότι κάποιοι επιστήμονες θα ασκούσαν κριτική λέγοντας ότι οι αλλαγές στη μάζα πιθανόν να είναι πολύ μικρές και γι' αυτό δεν ανιχνεύονταν από το ζυγό. Γι' αυτό, κάλεσε τον Νικολά Φορτέν (Nicolas Fortin), έναν από τους κορυφαίους κατασκευαστές οργάνων στο εργαστήριό του.

Όταν έφτασε ο Φορτέν, οι τρεις τους πήγαν στην αίθουσα εργαστηρίου και ο Αντουάν του έδειξε τα πειράματα που είχε κάνει. Ο Φορτέν εντυπωσιάστηκε και επισήμανε: «Μα κύριε Λαβουαζιέ, ήδη έχετε έναν πολύ ευαίσθητο ζυγό, κατασκευασμένο από το συνάδελφό μου κ. Μενιέ (Ménier)». «Το ξέρω, αλλά θέλω ένα ακόμη καλύτερο εργαλείο, κάνε το καλύτερο που μπορείς, τα χρήματα δεν είναι θέμα και ούτε και ο χρόνος είναι τόσο πολύ θέμα. Αλλά θέλω τον πιο ευαίσθητο ζυγό που φτιάχτηκε ποτέ, ένα ζυγό που να μπορεί να μετρήσει μεγαλύτερες μάζες με ακρίβεια άνευ προηγουμένου.» Ο Φορτέν συμφώνησε, μα ήταν προφανές ότι αυτός ο ζυγός πιθανότατα δεν θα ήταν έτοιμος ούτε εκείνη, αλλά ούτε και την επόμενη χρονιά.

«Τώρα, ας επιστρέψουμε στο νερό» πρότεινε ο Αντουάν στη Μαρία. Σχεδίασε μία διάταξη που θα επέτρεπε να ζυγίσουν τα παραγόμενα αέρια, καθώς και το νερό σε υγρή μορφή και το αντίστροφο. Παρήγαγε οξυγόνο και εύφλεκτο αέρα από το νερό και τοποθέτησε τη συσκευή στο ζυγό – ισορροπία. Έκανε τα δύο αέρια να συνδυαστούν και πάλι σχηματίζοντας νερό και έβαλε τη συσκευή και πάλι στο ζυγό – ισορροπία. Χαμογέλασε: «Αυτό είναι και αυτό σημαίνει ακόμη ότι το νερό δημιουργείται μόνο από εύφλεκτο αέριο συνδυασμένο με οξυγόνο, οπότε αυτό θα πρέπει να εκπροσωπείται στο όνομα της ουσίας – για τη δημοσίευση, δε θα χρησιμοποιούμε πια το όνομα «εύφλεκτο αέριο», αλλά θα καλούμε το αέριο Υδρογόνο, ή Hydrogenium στη Λατινική – αυτός που παράγει νερό.

Ο Αντουάν Λαβουαζιέ ανέπτυξε με τη βοήθεια της προσωπικής υποστήριξη της συζύγου του Μαρίας ένα νέο χημικό σύστημα το οποίο έγινε κυρίαρχο και αποτελεί τη βάση του χημικού συστήματος των στοιχείων που χρησιμοποιείται σήμερα. Κατά τη διάρκεια της Γαλλικής

Επανάστασης, αποκεφαλίστηκε λόγω της θέσης του ως φοροεισπράκτορα – η σύζυγός του Μαρία επέζησε και, μετά τη Γαλλική Επανάσταση, συνέχισε να δημοσιεύει τα χημικά ευρήματά του.

References

- Geiger, H., & Marsden, E. (1909). On a diffuse reflection of the alpha particles. *Proceedings of the Royal Society of London A*, 82, 495–500.
- Wilson, D. (1983). *Rutherford: Simple genius*. Cambridge, MA: MIT Press.

Κείμενο: Peter Heering

Μετάφραση στα ελληνικά: Βασίλης Κόκκοτας

Την Ιστορία **Ο Λαβουαζιέ και η διατήρηση της μάζας** επιμελήθηκε η Brigitte Van Tiggelen. Η ιστορία βασίζεται, εν μέρει, στο **Ιστορικό Υπόβαθρο - Αναδρομή: Άτομα** και στο **Ιστορικό Υπόβαθρο - Αναδρομή: Η ανάπτυξη του περιοδικού πίνακα** που γράφηκαν από τον Peter Heering καθώς και στη **Βιογραφία: «Αντουάν Λωράν Λαβουαζιέ»**, που γράφηκε από την Grażyna Drajzkowska

Η Ιστορία **Ο Λαβουαζιέ και η διατήρηση της μάζας** γράφηκε από τον Peter Heering με την υποστήριξη της Ευρωπαϊκής Επιτροπής (έργο 518094-LLP-1-2011-1-GR-COMENIUS-CMP) και του Πανεπιστημίου του Φλενσμπουργκ της Γερμανίας. Αυτή η δημοσίευση αντανακλά τις απόψεις του συγγραφέα και μόνον και η Επιτροπή δεν μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη για οποιαδήποτε πιθανή χρήση των πληροφοριών που περιέχονται σε αυτή.
