

Αναστάσιος Βάρβογλης

ΜΕΓΑΛΟΙ ΧΗΜΙΚΟΙ

Η ΠΑΛΙΑ ΦΡΟΥΡΑ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 1995

ΕΚΔΟΣΕΙΣ
ΖΗΤΗ

• ΠΡΟΛΟΓΟΣ •

Η ευνοϊκή απήχηση των βιβλίων μου *"Χημείας Απόσταγμα"* και *"Η Κρυφή Γοητεία της Χημείας"* με ώθησε να δώσω μια συνέχεια. Υπάρχουν πράγματι πολλά ενδιαφέροντα χημικά θέματα, που αξίζει να παρουσιαστούν σε εκλαϊκευμένη μορφή για ένα ευρύ αναγνωστικό κοινό με κάποια εκλεκτική συγγένεια με τη χημεία. Αυτή τη φορά αποφάσισα να καταπιαστώ με ένα ιστορικό θέμα-τους μεγάλους χημικούς και τις ανακαλύψεις τους. Αλήθεια, έχει νόημα να γνωρίζουμε κάτι από τη ζωή και το έργο των μεγάλων επιστημόνων; Η προσωπική μου άποψη είναι εμφαντικά καταφατική. Πάντα ήθελα να ξέρω ποιός ήταν αυτός που έκανε μια σημαντική ανακάλυψη ή εφεύρεση και πώς έφθασε στην επιτυχία. Ακόμη, ποιά τύχη είχαν τα επιτεύγματά του και τι ισχύει σήμερα. Πιστεύω ότι ανάλογες επιθυμίες θα έχουν πολλοί, αφού είναι πεποίθησή μου ότι οι μεγάλοι ήρωες της ανθρωπότητας δεν είναι οι πολιτικοί, οι στρατηγοί και οι διπλωμάτες, αλλά οι επιστήμονες και οι τεχνολόγοι. Από τους πρώτους ταπεινούς τεχνίτες ως τους βιρτουόζους της εποχής μας, αυτοί είναι που με τις ανακαλύψεις τους και τις εφαρμογές τους αναβάθμισαν την ποιότητα της ζωής μας. Τα υψηλά βιοτικά επίπεδα που σήμερα απολαμβάνουμε οφείλονται κατά κύριο λόγο σ' αυτούς και είναι άδικο που η ιστορία συστηματικά τους αγνοεί!

Η ύλη του βιβλίου είναι χωρισμένη σε 27 κεφάλαια, στο καθένα από τα οποία παρουσιάζονται συνοπτικά το έργο και η προσωπικότητα ενός ή δύο χημικών. Προσπάθησα να μην αναφερθώ σε χημικές λεπτομέρειες και σημεία ήσσονος ή ειδι-

κού ενδιαφέροντος, ενώ σε ορισμένες περιπτώσεις κρίθηκε σκόπιμη η παράθεση κάποιων προεκτάσεων πνευματικού χαρακτήρα. Μερικές από τις βιογραφίες περιέχουν επίσης υλικό γενικότερου ενδιαφέροντος που δε συνδέεται άμεσα με το συγκεκριμένο πρόσωπο. Έτσι, δίνεται η ευκαιρία στον αναγνώστη να ενημερώνεται παράλληλα για τον άνθρωπο και τον επιστήμονα, την εποχή του, τις συνθήκες εργασίας, τα πρώτα πειράματα και τις μετέπειτα προόδους στο ίδιο πεδίο.

Οι συγκεκριμένοι χημικοί αυτού του τόμου ανήκουν κυρίως στον περασμένο αιώνα: χωρίς να σημαίνει ότι είναι απαραίτητα οι επιφανέστεροι –κάτι που αποτελεί ως ένα βαθμό και υποκειμενική εκτίμηση– είναι αυτοί για τους οποίους μπόρεσα να συγκεντρώσω ικανοποιητικά στοιχεία. Για ορισμένες άλλες αξιόλογες προσωπικότητες υπάρχουν σποραδικές αναφορές σχετικά με τη συμβολή τους στην πρόοδο της χημείας. Οπωσδήποτε, πρέπει να επισημανθεί ότι όλοι όσοι ευτύχησαν να επιτύχουν σημαντικές ανακαλύψεις ήταν προικισμένοι με πολλές αρετές και θα μπορούσαν κάλλιστα να αποτελέσουν πρότυπα για τους νέους.

Το βιβλίο αυτό, για το οποίο υπάρχει προοπτική συνέχειας με την παρουσίαση μεταγενέστερων χημικών, δεν αποτελεί ασφαλώς παρά ένα ψήγμα στο μεγαλειώδες οικοδόμημα της ιστορίας της χημείας. Ωστόσο, ό,τι αναφέρεται, ακόμη και σε ανάλαφρο ύφος, είναι τεκμηριωμένο, γι' αυτό και στο τέλος υπάρχει στοιχειώδης βιβλιογραφία, με έμφαση στις πιο προσιτές πηγές.

Α. Βάρβογλης
Θεσσαλονίκη,
Ιούνιος 1995

• *ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ* •

ANTOINE LAURENT LAVOISIER	9
AMEDEO AVOGADRO – STANISLAO CANNIZZARO.....	24
JOSEPH-LOUIS GAY-LUSSAC – LOUIS JACQUES THENARD	35
HUMPHRY DAVY	49
JÖNS JAKOB BERZELIUS.....	64
MICHEL-EUGENE CHEVREUL	76
MICHAEL FARADAY	88
JEAN-BAPTISTE DUMAS.....	105
FRIEDRICH WÖHLER	116
JUSTUS LIEBIG	127
THOMAS GRAHAM	141
AUGUSTE LAURENT – CHARLES GERHARDT.....	151
ROBERT WILHELM BUNSEN.....	163
ADOLPHE WURTZ.....	173
HENRI SAINTE-CLAIRE DEVILLE.....	181
AUGUST WILHELM HOFMANN	193
HERMANN KOLBE.....	207
LOUIS PASTEUR	220
ΑΛΕΞΑΝΤΕΡ ΜΙΧΑΗΛΟΒΙΤΣ ΜΠΟΥΤΛΕΡΟΒ – ΝΤΜΙΤΡΙ ΙΒΑΝΟΒΙΤΣ ΜΕΝΤΕΛΕΓΙΕΒ	232
FRIEDRICH AUGUST KEKULE – ARCHIBALD SCOTT COUPER.....	245
ADOLF BAEYER	260
WILLIAM HENRY PERKIN.....	269

OTTO WALLACH	277
VICTOR MEYER.....	285
EMIL FISCHER.....	292
HENRI MOISSAN.....	303
FRIEDRICH WILHELM OSTWALD	315
<i>Βιβλιογραφία</i>	327

ANTOINE LAURENT LAVOISIER

• 1743 - 1794 •



Αν κανείς ήθελε να οριοθετήσει την εποχή που αρχίζει η σύγχρονη χημεία, αβίαστα θα επέλεγε την κατάρριψη της θεωρίας του φλογιστού από το Γάλλο χημικό A.L. Lavoisier. Ίσως είναι ο πρώτος ακραιφνής χημικός, καθώς ασχολήθηκε συστηματικά με τη χημεία περισσότερο από κάθε άλλο προγενέστερό του και τα επιτεύγματά του ήταν πολλαπλά: εκτός από την εξήγηση της καύσης και των αλληλενδεδειγμένων φαινομένων της αναπνοής και των ζυμώσεων, απέδειξε επίσης με τα ποσοτικά του πειράματα την αφθαρσία της ύλης, ανακάλυψε ότι ο αέρας αποτελείται από άζωτο και οξυγόνο και εξιχνίασε τη σύσταση του νερού. Αντίθετα με άλλες περιπτώσεις επαναστατικών ανακαλύψεων που άργησαν να γίνουν ευρύτερα αποδεκτές, επειδή ήταν πολύ προηγμένες για την εποχή τους, οι απόψεις του Lavoisier εκτόπισαν γρήγορα τους μύθους που ίσχυαν ως τότε και έθεσαν τις βάσεις για την υγιή ανάπτυξη της νέας επιστήμης. Η χημεία παύει πια να ανήκει στη φυσική φιλοσοφία και αρχίζει να αναπτύσσεται αυτοδύναμα.

Ο Lavoisier γεννήθηκε στο Παρίσι από γονείς ευκατάστα-

τους. Ο πατέρας του ήταν δικηγόρος και ευελπιστούσε ότι ο μοναδικός του γιός θα συνέχιζε το επάγγελμά του. Η επιρροή όμως ενός δασκάλου αποδείχθηκε αρκετή για να αλλάξει τα πράγματα. Ο νεαρός Lavoisier από 11 ως 18 ετών φοίτησε σε ένα από τα καλύτερα σχολεία της Γαλλίας, το Κολλέγιο Mazarin· ήταν άριστος μαθητής και κέρδιζε συχνά βραβεία, τόσο στα κλασικά μαθήματα όσο και στα μαθηματικά. Ο δάσκαλος που του ενέπνευσε την αγάπη για τις θετικές επιστήμες ήταν ο αστρονόμος N.L. de la Caille. Όταν τελείωσε το σχολείο, δεν ακολούθησε πανεπιστημιακές σπουδές, επειδή δεν υπήρχαν ακόμη τα αντικείμενα που θα τον ενδιέφεραν. Η ενασχόλησή του με τις φυσικές επιστήμες άρχισε με τη γνωριμία του με έναν φίλο της οικογένειάς, το γεωλόγο J.E. Guettard. Μαζί του μύηθηκε στην επιστήμη αυτή και έκανε πολλές επισκέψεις σε μέρη με γεωλογικό ενδιαφέρον, καθώς ο μεγάλος φίλος του σχεδίαζε να φτιάξει το γεωλογικό χάρτη της Γαλλίας. Ο Lavoisier εργάστηκε με ενθουσιασμό και συγκέντρωσε πλήθος από ακριβείς παρατηρήσεις· εντούτοις, ο χάρτης δεν έγινε δυνατό να δημοσιευθεί. Αργότερα, ένας άλλος γεωλόγος συνέχισε το πρόγραμμα και το παρουσίασε ολοκληρωμένο, χρησιμοποιώντας και τα δεδομένα του Lavoisier αλλά παραλείποντας να το αναφέρει. Σήμερα κάτι τέτοιο θεωρείται επιστημονικό έγκλημα, τότε όμως δεν του απέδιδαν μεγάλη σημασία. Ανάλογα συμπεριφέρθηκε αργότερα και ο ίδιος ο Lavoisier.

Η Ακαδημία Επιστημών είχε προκηρύξει το 1765 ένα βραβείο για την καλύτερη μελέτη φωτισμού των δρόμων στις μεγάλες πόλεις. Ο Lavoisier αποφάσισε να συμμετάσχει και υπέβαλε μια εμπειριστατωμένη πραγματεία, όπου εξέταζε διεξοδικά τις θεωρητικές και πρακτικές πλευρές του προβλήματος. Παρόλο που δεν κέρδισε το βραβείο, εντυπωσίασε τους ακαδημαϊκούς, οι οποίοι φρόντισαν να τυπωθεί η εργασία και εισηγήθηκαν στο βασιλιά να του απονεμίσει ειδικό χρυσό μετάλλ-

λιο. Οι ιστορικοί δεν αναφέρουν αν η εισήγηση έγινε δεκτή, πάντως ο πολλά υποσχόμενος νεαρός είχε την τύχη να εκλεγεί σύντομα, το 1768, μέλος της Ακαδημίας, σε ηλικία 25 ετών, αφού είχε προηγηθεί μια αποτυχημένη απόπειρα εισόδου δύο χρόνια νωρίτερα. Ο εισηγητής του τον περιέγραψε ως "νέο εξαιρετικής φήμης, υψηλής διάνοιας και καθαρού πνεύματος, του οποίου η σημαντική περιουσία θα του επιτρέψει να αφοσιωθεί πλήρως εις την επιστήμην".

Η Ακαδημία ήταν δομημένη ιεραρχικά και υπήρχαν τρεις κατηγορίες μελών, από τα οποία μόνο όσοι ανήκαν στην πρώτη αμείβονταν. Ο Lavoisier άρχισε από την κατώτερη βαθμίδα και παρ' όλη την εκτίμηση του εισηγητή του, θέλησε να εξασφαλίσει μια καλύτερη οικονομική κατάσταση. Γι αυτό, με ενίσχυση από τον πατέρα του αγόρασε μετοχές μιας ιδιόμορφης εταιρίας, της Ferme Generale. Η εταιρία αυτή είχε ως αντικείμενο την ενοικίαση από την Κυβέρνηση του δικαιώματος συλλογής ορισμένων φόρων από όλη τη χώρα. Πραγματοποιούσε μεγάλα κέρδη, αλλά με μεθόδους όχι πάντα ανεπίληπτες και φυσικά οι υπάλληλοί της ήταν μισητοί από το λαό. Καθώς κάθε συλλεκτική περίοδος διαρκούσε 6 χρόνια, χρειάζονταν πολλά χρήματα για μια επένδυση στην Εταιρία. Ο Lavoisier δεν περιορίστηκε στο ρόλο του μετόχου, αλλά ανέλαβε επίσης και διοικητικά καθήκοντα, που συνεπάγονταν συχνά ταξίδια σε όλη τη Γαλλία. Η Εταιρία του εξασφάλισε έτσι οικονομική άνεση και τη δυνατότητα να αυτοχρηματοδοτεί τις έρευνές του. Δυστυχώς, έπαιξε επίσης καθοριστικό ρόλο στη φυλάκιση και την καταδίκη του σε θάνατο.

Οι ακαδημαϊκοί γρήγορα διαπίστωσαν ότι η εκλογή τους ήταν πράγματι επιτυχημένη, καθώς ο νέος τους συνάδελφος έφερε σε πέρας με ζήλο και αποφασιστικότητα τα διάφορα καθήκοντα που του αναθέτονταν. Παράλληλα με τις επαγγελματικές του ασχολίες, πάντα έβρισκε το χρόνο να ανταποκριθεί στα ακαδημαϊκά του καθήκοντα, χωρίς να παραμελεί και

την ενασχόλησή του με την έρευνα. Επί πολλά χρόνια ακολουθούσε το εξής ωράριο: 6-9 το πρωί και 7-10 το βράδυ έρευνα, ενώ οι υπόλοιπες ώρες ήταν αφιερωμένες στις επαγγελματικές και ακαδημαϊκές του υποχρεώσεις. Μια ολόκληρη μέρα κάθε εβδομάδα την διέθετε για μελέτη και κυρίως για επιστημονικές συζητήσεις. Είναι λοιπόν φανερό ότι ουσιαστικά ήταν αυτοδίδακτος και ερασιτέχνης επιστήμονας.

Το 1771 ο Lavoisier σημείωσε μια σπουδαία μη επιστημονική επιτυχία: παντρεύτηκε την κόρη του προέδρου της εταιρίας του! Η νεαρή Marie-Anne Pierrette Paulze, που ήταν μόνο 14 ετών, αποδείχθηκε ιδεώδης σύντροφος. Καθώς δεν έκαναν παιδιά, είχε τη δυνατότητα να αφιερώνει μεγάλο μέρος του χρόνου της συμπαραστέκοντας το σύζυγό της στις επιστημονικές του αναζητήσεις. Μετέφραζε άρθρα από τα Αγγλικά, εκτελούσε χρέη γραμματέα και τον βοηθούσε στα πειράματά του. Ακόμη, φιλοτέχνησε την εικονογράφηση του περιφημου βιβλίου του "Στοιχειώδες Σύγγραμμα Χημείας" (*Traité Elementaire de Chimie*). Έχοντας μαθητεύσει κοντά στο γνωστό ζωγράφο Louis David, φιλοτέχνησε με εξαιρετική τέχνη 13 όμορφα χαρακτηριστικά σχέδια, όπου εικονίζονταν όργανα και συσκευές του εργαστηρίου σε λειτουργία. Έτσι έμειναν για την ιστορία της χημείας ντοκουμέντα μεγάλου ενδιαφέροντος, που δε θα μπορούσε να αποδώσει και η πιο λεπτολόγος περιγραφή.

Η στροφή του Lavoisier από τη γεωλογία προς τη χημεία έγινε φυσιολογικά, αφού η ανόργανη χημεία είναι απαραίτητη για την ερμηνεία πολλών γεωλογικών φαινομένων (στα Γαλλικά η ανόργανη χημεία εξακολουθεί να αποκαλείται ορυκτή χημεία, *chimie minérale*). Οι πρώτες του εργασίες ήταν σχετικά με το γύψο. Χρησιμοποιώντας ένα "υδρόμετρο" δικής του επινόησης πιστοποίησε ότι τα διαλύματα γύψου είναι πυκνότερα από το καθαρό νερό. Με την ίδια φορητή συσκευή μέτρησε την πυκνότητα του νερού πολλών πηγών κατά τα ταξίδια

του. Οι μετρήσεις αυτές είχαν και πρακτικό ενδιαφέρον, επειδή εκείνη την εποχή ήταν επιτακτικό το πρόβλημα της υδροδότησης του Παρισιού με κατάλληλο νερό. Περισσότερο χρήσιμες θα ήταν βέβαια οι εξετάσεις του υπολείμματος των νερών, μετά από εξάτμιση. Αυτή η αντιμετώπιση όμως δεν ενέπνεε εμπιστοσύνη, αφού πολλοί ακόμη πίστευαν ότι κατά τη θέρμανση το νερό μετατρεπόταν προς "γη", δηλαδή μεταλλικά άλατα. Άλλοι πάλι ήταν της γνώμης ότι το νερό δεν μπορεί να αποσταχθεί χωρίς να παρασύρει μαζί του και κάποια ποσότητα "γης". Αρχικά ο Lavoisier συμμεριζόταν αυτή την άποψη, όπως φαίνεται από μια νεανική του εργασία. Καθώς όμως στις μετρήσεις του ήταν απαραίτητο το αποσταγμένο ύδωρ και ήθελε να ξέρει αν πραγματικά αυτό είχε μεταβλητή σύσταση, αποφάσισε να ξεκαθαρίσει τα πράγματα, χρησιμοποιώντας ως σημείο αναφοράς το νερό της βροχής. Απέδειξε λοιπόν ότι το αποσταγμένο ύδωρ δεν περιέχει άλατα, αν όμως το αφήσει κανείς να βράσει στο ίδιο γυάλινο δοχείο για μεγάλο χρονικό διάστημα (ο ίδιος το άφησε επί 100 μέρες), τότε διαλύει ένα μέρος από το γυαλί που εμφανίζεται ως ίζημα. Έτσι παρατηρείται η "θαυμαστή μεταστοιχείωση". Με το πείραμα αυτό κατέρριψε λοιπόν τις προηγούμενες δοξασίες δείχνοντας ταυτόχρονα ότι δεν αρκεί να εμπιστευόμαστε αυτό που βλέπουμε.

Η ποσοτική θεώρηση των πραγμάτων, που ως τότε κανείς δεν είχε σκεφθεί να εφαρμόσει, οδηγεί πάντα σε ασφαλέστερα συμπεράσματα. Πράγματι, η εξήγηση του φαινομένου βασίστηκε στις ακριβείς ζυγίσεις που πραγματοποίησε, για να δείχθει ότι οι συνολικές μάζες γυαλιού και νερού είχαν παραμείνει σταθερές. Το ισοζύγιο της μάζας κατά τις διάφορες χημικές αντιδράσεις (τουλάχιστον μέσα στα όρια των δυνατοτήτων του ζυγού), θα είχε μεγάλη σημασία σε πολλές μελλοντικές μελέτες του.

Το ενδιαφέρον του Lavoisier, προτού στραφεί στη μελέτη

των αερίων και τις καύσεις, είχε τραβήξει η συμπεριφορά του διαμαντιού. Ήταν ήδη γνωστό ότι όταν το διαμάντι θερμομανθεί ισχυρά, εξαφανίζεται- ένα ακόμη μυστήριο που θα αργούσε να εξηγηθεί. Ο Lavoisier έδειξε ότι όταν η θέρμανση γίνει χωρίς την παρουσία αέρα, δεν επέρχεται καμία αλλοίωση. Καθώς η δημιουργία κενού δεν είχε ακόμη τελειοποιηθεί, το τέχνασμα που χρησιμοποίησε ήταν να "θάψει" το διαμάντι σε συμπιεσμένη σκόνη από κάρβουνο. Με το πείραμα αυτό έγινε φανερό ότι ο αέρας ήταν υπεύθυνος για την εξαφάνιση, άγνωστο όμως με ποιόν τρόπο. Ο αέρας συντελούσε, χωρίς να χρειάζεται θέρμανση, σε ένα άλλο επίσης γνωστό φαινόμενο, την αλλοίωση με τον καιρό της επιφάνειας των μετάλλων, το σκούριασμα. Εξάλλου, από παλιά οι επιστήμονες ήξεραν ότι ο αέρας ήταν απαραίτητος για τις καύσεις και την αναπνοή. Έτσι λοιπόν ο Lavoisier οδηγήθηκε στη μελέτη των καύσεων.

Από τα πιο θεαματικά φαινόμενα της χημείας είναι ασφαλώς οι καύσεις, καθώς οι μεταβολές της σύστασης των ουσιών συνοδεύονται από έκλυση θερμότητας και φωτός. Οι αλχημιστές πίστευαν ότι κατά την καύση το θείο (με την έννοια του πτητικού συστατικού) καιγόταν και εξαφανιζόταν, ενώ ο υδράργυρος (με την έννοια του άκαυστου στερεού) παρέμενε ως γαιώδες υπόλειμμα. Ειδικά για την αλκοόλη, ο Βασίλειος Βαλεντίνος προσπάθησε να δικαιολογήσει την πλήρη εξαφάνισή της με την ακόλουθη ποιητική περιγραφή: "Αν ανάψουμε το αποσταγμένο aqua vita (οινόπνευμα), τότε ο υδράργυρος και το φνιτικό θείο αποχωρίζονται· το θείο καίγεται, καθώς είναι απλώς φωτιά, ενώ ο τρυφερός υδράργυρος ανοίγει τα φτερά του και πετάει προς το χάος του".

Αρκετά χρόνια αργότερα, ο Γερμανός ιατροχημικός Georg Ernst Stahl (1660-1734) στις αρχές του 18ου αιώνα είχε αναγνωρίσει ότι το σκούριασμα των μετάλλων ανήκει επίσης στις καύσεις, μόνο που γίνεται με πολύ βραδύ ρυθμό. Ο Stahl προσπάθησε να εξηγήσει με φιλοσοφικό μάλλον παρά πειραματι-

κό τρόπο τις καύσεις γενικά, με τη θεωρία του φλογιστού. Με το όνομα αυτό εννοούσε το καύσιμο συστατικό των ουσιών, το οποίο εξαφανιζόταν στον αέρα κατά την καύση. Τόσο το κάρβουνο όσο και τα μέταλλα είναι λοιπόν πλούσια σε φλογιστό, ενώ τα προϊόντα καύσης τους –οι στάχτες και οι σκουριές– δεν περιέχουν πια φλογιστό, γι’ αυτό και είναι άκαυστες. Τα μεταλλεύματα είναι εξάλλου ένα είδος σκουριάς: όταν κατεργάζονται με κάρβουνο και μετατρέπονται σε μέταλλα, αποκτούν το φλογιστό του κάρβουνου που καίγεται. Το μειονέκτημα της θεωρίας ήταν ότι αδυνατούσε να εξηγήσει την αύξηση του βάρους των μετάλλων κατά το σκούριασμα, έστω και αν το φλογιστό υποτίθεται ότι ήταν άυλο ή είχε αρνητικό βάρος.

Ο ορθολογισμός του Lavoisier δε μπορούσε να δεχθεί τέτοιες ανακολουθίες. Όπως συνέβη με την περίπτωση του νερού, αποφάσισε ότι έπρεπε να καταφύγει σε ποσοτικές μετρήσεις των μεταβολών βάρους. Επινόησε λοιπόν το ακόλουθο απλό πείραμα: τοποθέτησε ένα έλασμα κασσίτερου μέσα σε κλειστό δοχείο, ζύγισε όλο το σύστημα και στη συνέχεια το θέρμανε. Όπως αναμενόταν, σχηματίστηκε ένα άσπρο επίχρισμα στην επιφάνεια του μετάλλου, η σκουριά, η οποία και όφειλε να έχει μεγαλύτερο βάρος από το αρχικό βάρος του μετάλλου. Όμως το βάρος του συστήματος δεν είχε μεταβληθεί, άρα η μόνη δυνατότητα ήταν να είχε σημειωθεί ελάττωση βάρους του αέρα του δοχείου και μάλιστα ίση με την αύξηση του βάρους του ελάσματος. Πράγματι, μόλις άνοιξε το δοχείο, ο αέρας όρμησε μέσα και το βάρος του συστήματος αυξήθηκε. Όπως αποδείχθηκε στη συνέχεια, το επιπλέον βάρος ήταν ίσο με το βάρος της σκουριάς. Αυτές οι μετρήσεις ήταν αρκετές για να καταπέσει η θεωρία του φλογιστού. Τα φαινόμενα της καύσης οφείλονταν στην ένωση του καύσιμου με τον αέρα. Το ασθενές σημείο της νέας θεωρίας ήταν ότι δε μπορούσε να εξηγήσει γιατί δεν ενωνόταν όλος ο διαθέσιμος αέρας· για παρά-

δειγμα, κατά την καύση ενός κεριού σε κλειστό δοχείο, μόνο το 1/5 του αέρα καταναλωνόταν και στη συνέχεια το κεριό έσβηνε.

Τα πράγματα ξεκαθάρισαν, όταν ο Άγγλος κληρικός και χημικός Joseph Priestley (1733-1804) επισκέφθηκε το Lavoisier στο Παρίσι και τον ενημέρωσε για τα αποτελέσματα των πειραμάτων του με αέρια. Το "αποφλογισμένο αέριο" που είχε ανακαλύψει ο Priestley ότι σχηματιζόταν κατά τη θέρμανση του οξειδίου του υδραργύρου και συντηρούσε την καύση ήταν το ίδιο με το συστατικό του αέρα που προκαλούσε το σκούριασμα. Ο Lavoisier το περιέγραψε στην αρχή περιφραστικά ως "αέριο καλύτερο από τον κοινό αέρα" και στη συνέχεια το ονόμασε οξυγόνο, πιστεύοντας (λανθασμένα) ότι ήταν απαραίτητο συστατικό των οξέων. Τα υπόλοιπα 4/5 του αέρα αποτελούσε ένα άλλο αέριο, αδρανές, στο οποίο δεν καίγονταν τα κεριά ούτε μπορούσαν να επιβιώσουν πειραματόζωα όπως τα ποντίκια· για το λόγο αυτό το ονόμασε άζωτο. Ένα τρίτο αέριο, που είχε επίσης μελετήσει ο Priestley ήταν το διοξείδιο του άνθρακα. Το αέριο αυτό ανακάλυψε ο Σκωτσέζος φιλόσοφος Joseph Black (1728-1799), όταν παρατήρησε ότι παράγεται κατά την πύρωση του ασβεστόλιθου. Ήταν το πρώτο καθαρό αέριο με διαφορετικές ιδιότητες από εκείνες του ατμοσφαιρικού αέρα. Ο Black το ονόμασε "σταθερό αέριο" για να υποδείξει την προέλευσή του, ότι δηλαδή απαντούσε καθηλωμένο σε στερεά σώματα. Σύντομα διαπίστωσε ότι το ίδιο αέριο παραγόταν επίσης κατά την καύση του άνθρακα και κατά τις ζυμώσεις. Γενικά, όλες οι ανθρακούχες ενώσεις που καίγονται απελευθερώνουν το σταθερό τους αέριο και έτσι εξηγείται η ελάττωση του βάρους τους. Αντίθετα, κατά το σκούριασμα το οξυγόνο ενώνεται με το μέταλλο και παραμένει προσκολλημένο επάνω του αυξάνοντας το βάρος του.

Η ζύμωση του μούστου και άλλων ζαχαρωδών χυμών προς αλκοολούχα ποτά ήταν ένα πανάρχαιο φαινόμενο, όμως κανείς ως τότε δεν είχε ιδέα τι ακριβώς συμβαίνει, εκτός από την

έκλυση του σταθερού αέρα. Ο Lavoisier ασχολήθηκε διεξοδικά με το θέμα και κατάφερε να περιγράψει την όλη διαδικασία με την ακόλουθη ποιοτική εξίσωση:

ζάχαρη = αλκοόλη και ανθρακικό οξύ

Ήταν η πρώτη φορά που μια χημική αλλαγή (αντίδραση) εκφραζόταν με τη μορφή εξίσωσης, η οποία σήμαινε ότι ένα μέρος της ζάχαρης μετατρέποταν σε αλκοόλη και το υπόλοιπο σε διοξείδιο του άνθρακα. Για να καταλήξει σ' αυτή τη διαπίστωση, χρειάστηκε να καταρρίψει μια ακόμη θεωρία, που είχε αναπτύξει ο ίδιος –ότι κατά τη ζύμωση επέρχεται διάσπαση του νερού. Οι ιστορικοί της χημείας που μελέτησαν τα επιστημονικά ημερολόγια του Lavoisier έχουν περιγράψει όλες τις λεπτομέρειες των πειραμάτων του και της εξέλιξης των συλλογισμών του. Χρειάστηκαν 16 ολόκληρα χρόνια ώσπου να καταλήξει στα συμπεράσματά του, τα οποία μάλιστα δε δημοσιεύθηκαν σε κάποιο επιστημονικό περιοδικό, αλλά απλώς τα παρέθεσε με συμπυκνωμένη μορφή στο βιβλίο του. Για να σχηματίσει κανείς μια ιδέα των δυσκολιών, ας δούμε πώς προχώρησε πειραματικά. Οι χυμοί των φρούτων αποδείχθηκαν εξαιρετικά πολύπλοκο σύστημα, γι' αυτό χρησιμοποίησε την κοινή ζάχαρη, στην οποία πρόσθεσε τη μαγιά. Πάντως και η ζάχαρη είχε ένα μειονέκτημα-δεν έδινε αξιόπιστες αναλύσεις, επειδή δεν καιγόταν πλήρως. Αρχικά προσπάθησε να μαζέψει ποσοτικά το διοξείδιο του άνθρακα, χωρίς επιτυχία, αφού ακόμη δεν υπήρχαν οι σωλήνες από ελαστικό. Η καλύτερη προσέγγιση αποδείχθηκε ότι ήταν να μετράει έμμεσα το βάρος του αερίου, από την ελάττωση του βάρους της ανοικτής φιάλης, όπου γινόταν η ζύμωση. Για να υπολογίσει την αλκοόλη που παραγόταν, απέσταξε το ζυμωμένο υγρό και μάζευε το απόσταγμα σε κλάσματα, των οποίων μετρούσε το ειδικό βάρος και το συνέκρινε με εκείνο από υδατικά διαλύματα γνωστής περιεκτικότητας σε αλκοόλη. Τα ποσοτικά δεδομένα που συγκέντρωσε δεν ήταν απολύτως ακριβή, αρκούσαν όμως για

να τον κάνουν να εγκαταλείψει τη θεωρία του για την αποσύνθεση του νερού και να προτείνει την παραπάνω εξίσωση.

Παράλληλα με τις έρευνές του, ο Lavoisier είχε την ευκαιρία να αναλάβει μια υπεύθυνη θέση στο κρατικό εργοστάσιο πυρίτιδας, όχι βέβαια ως ειδικός στις καύσεις, αλλά ως ανεγνωρισμένος "τεχνοκράτης", με επιστημονικό, διοικητικό και οικονομικό υπόβαθρο. Οι υπηρεσίες του εκεί αποδείχθηκαν γρήγορα πολύτιμες και του εξασφάλισαν άνετη κατοικία και εργαστηριακό χώρο στο Βασιλικό Πυριτιδοποιείο. Για ένα διάστημα μαθήτευσε κοντά του ο γιός ενός οικογενειακού φίλου, ο Igenée Du Pont de Nemours. Όταν ξέσπασε η Επανάσταση, η οικογένεια Du Pont μετανάστευσε στην Αμερική, όπου ο νεαρός θα ίδρυε την ομώνυμη χημική εταιρεία, αρχίζοντας με ένα εργοστάσιο παραγωγής πυρίτιδας.

Ενδιαφέρον παρουσιάζει πώς ο Lavoisier κατόρθωσε να διπλασιάσει την παραγωγή της πυρίτιδας, η οποία ήταν εξαρτημένη από τις διαθέσιμες ποσότητες νιτρικού καλίου. Το άλας αυτό ήταν ως τότε εισαγόμενο, αλλά ένα μέρος του παρασκευαζόταν από την κατεργασία νιτρικών αλάτων που μάζευαν από τους σταύλους. Ο Lavoisier υπέδειξε την κατασκευή λάκκων με σκέπαστρα, όπου συσώρευαν ζωικά και φυτικά υπολείμματα. Εκεί γινόταν η αποσύνθεσή τους, που κρατούσε για μερικούς μήνες, με περιοδική ανάδευση και προσθήκη νερού. Το υδαρές υπόλειμμα που σχηματιζόταν ήταν πλούσιο σε νιτρικό νάτριο και μετατρέποταν σε νιτρικό κάλιο κατά την κατεργασία του με στάχτη πλούσια σε άλατα καλίου, ιδίως από φύκια.

Ο Lavoisier γενικά δεν είχε συνεργάτες στις έρευνές του-με μια σπουδαία εξαίρεση, τον αστρονόμο και φυσικό Λαπλάς (Pierre Simon de La Place, 1749-1827). Μαζί δημοσίευσαν μια αξιωματικώς εργασία "Επί της Θερμότητας", η οποία χωρίς να περιέχει θεαματικά αποτελέσματα θεωρείται ως η απαρχή της θερμοχημείας. Οι δύο συνεργάτες χρησιμοποιού-

ντας ένα θερμιδόμετρο πάγου δικής τους επινόησης μέτρησαν με ακρίβεια τα ποσά της θερμότητας που εκλύονται κατά τις διάφορες καύσεις και την αναπνοή. Μπόρεσαν έτσι να πιστοποιήσουν και πειραματικά αφενός ότι η αναπνοή είναι μια βραδεία καύση και αφετέρου ότι η ζωική θερμότητα δεν είναι παρά το αντιληπτό αποτέλεσμα της καύσης. Να πώς περιγράφει ο Lavoisier τα δυο φαινόμενα: "Το οξυγόνο αφού εισχωρήσει στους πνεύμονες εξέρχεται με τη μορφή του σταθερού αερίου. Κατά τη διόδό του υφίσταται μια αποσύνθεση ανάλογη με αυτή που λαμβάνει χώρα κατά την καύση του άνθρακα. Τώρα, κατά την καύση του άνθρακα συμβαίνει η απελευθέρωση μιας ύλης φωτιάς. Άρα, μια ανάλογη απελευθέρωση πρέπει να συμβαίνει και στους πνεύμονες· αυτή η ύλη φωτιάς διανέμεται με το αίμα σε όλο το ζωικό οργανισμό και διατηρεί τη θερμότητά του σταθερή". Εκτός από την καύση, αναγνώρισε επίσης ότι τα "καύσιμα" προέρχονται από την αποσύνθεση των τροφών μετά τη χώνευση και ότι με την εξάτμιση του νερού κατά τη διαπνοή διαχέεται η περίσσεια της θερμότητας προς το περιβάλλον. Ας σημειωθεί ότι, εκτός από πειραματόζωα, στα πειράματά του, με την αναπνοή χρησιμοποίησε και ανθρώπους. Σε μια άλλη μελέτη εξέτασε την ατμόσφαιρα σε θέατρα και φυλακές, όπου υπέδειξε την ανάγκη να γίνεται εξαερισμός.

Τον ίδιο περίπου καιρό απασχολούσε το Lavoisier το πρόβλημα του "εύφλεκτου αερίου", δηλαδή του αερίου που εκλύεται όταν επιδράσουμε με οξέα στα μέταλλα-το υδρογόνο. Κατά περιέργο τρόπο, η καύση του έμοιαζε να το εξαφανίζει, αφού δε μπορούσε να διαπιστώσει το σχηματισμό κάποιου προϊόντος-κάτι που σίγουρα έπρεπε να βρει. Όπως και στην περίπτωση του οξυγόνου, έτσι και εδώ η λύση είχε δοθεί άθελά του από τον Άγγλο ερευνητή Henry Cavendish (1731-1810), ο οποίος είχε ανακαλύψει ότι κατά την καύση του υδρογόνου σε κλειστά δοχεία σχηματίζεται νερό. Ο Cavendish πίστευε ότι το πολύ ελαφρό υδρογόνο δεν ήταν άλλο από το φλογιστό και

ότι αν ενωνόταν με το "αποφλογισμένο αέριο" (οξυγόνο) θα σχηματιζόταν το "φλογισμένο αέριο" (άζωτο). Κατά συνέπεια, δεν μπόρεσε να εκτιμήσει τη σημασία του ευρήματός του. Αντίθετα, ο Lavoisier που ήδη είχε καταρρίψει τη θεωρία του φλογιστού, μόλις έμαθε για τα πειράματα του Cavendish συνειδητοποίησε την πραγματικότητα. Επανάλαβε αμέσως την καύση του υδρογόνου, που το ονόμασε έτσι επειδή "γεννά ύδωρ", και μάλιστα μέτρησε επακριβώς την ποσότητα του παραγόμενου νερού· επίσης, κατόρθωσε να πετύχει και το αντίθετο, τη διάσπαση του νερού στα συστατικά του. Με τα πειράματα αυτά λύθηκε ένα ακόμη πρόβλημα που τον απασχολούσε και αποτελούσε αγκάθι στη θεωρία της αφθαρσίας της μάζας: η κατανάλωση από τους ζωικούς οργανισμούς περισσότερου οξυγόνου από ό,τι μπορούσε να δικαιολογήσει το εκλυόμενο διοξείδιο του άνθρακα. Τώρα έγινε φανερό ότι αυτό οφειλόταν στην ένωσή του με το υδρογόνο των τροφών. Το ίδιο ίσχυε και για την αυξημένη ζωική θερμοότητα, αφού η καύση του υδρογόνου παράγει σημαντικά ποσά θερμότητας.

Ο Lavoisier εξετέλεσε πανηγυρικά τα πειράματά του σε ένα εντυπωσιακά μεγάλο ακροατήριο επιστημόνων το Φεβρουάριο του 1785, πείθοντας πολλούς για την ορθότητα της ερμηνείας που έδινε στα παρατηρούμενα αποτελέσματα. Ωστόσο, όπως είχε συμβεί και με το εύρημα του Priestley, αποσιώπησε για άλλη μια φορά τη συμβολή του Cavendish, αφήνοντας σαφώς την εντύπωση ότι αυτός είχε ανακαλύψει τόσο το οξυγόνο όσο και την καύση του υδρογόνου. Δεν είναι ίσως περίεργο που οι αδικημένοι Άγγλοι συνάδελφοί του δεν αποδέχθηκαν τις νέες ιδέες και παρέμειναν οπαδοί του φλογιστού ως το θάνατό τους.

Η νέα χημεία, που είχε αρχίσει να αναδύεται μέσα από τις αλχημιστικές και φιλοσοφικές ομίχλες χάρη στο Lavoisier, χρειαζόταν για τη μεθόδευση και τη λογική της ανάπτυξη μια νέα ονοματολογία. Πράγματι, οι παλιοί όροι δεν ακολουθούσαν κανένα σύστημα και ήταν δύσκολο να εκφράσει κανείς

ορισμένες χημικές έννοιες με την κατάλληλη λέξη. Ήδη, ο διασημότερος χημικός της εποχής Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816) είχε διαπιστώσει κατά τη συγγραφή της "Εγκυκλοπαίδειας" του την ανεπάρκεια των χημικών ονομάτων. Με δική του πρωτοβουλία και με τη βοήθεια του Lavoisier και δυο ακόμη γνωστών χημικών, του Claude Louis Berthollet (1748-1822) και του Antoine Francois Fourcroy* (1755-1809), που είχαν επίσης ασπασθεί τις νέες ιδέες, διατύπωσαν ένα νέο ορθολογιστικό σύστημα ονοματολογίας και υιοθέτησαν πολλούς νεωτερισμούς, μεταξύ των οποίων ο κυριότερος ήταν ότι τα χημικά ονόματα έπρεπε να υποδεικνύουν τη σύσταση των ουσιών. Οι προτάσεις τους αποτυπώθηκαν στο βιβλίο "Μέθοδος Χημικής Ονοματολογίας" που κυκλοφόρησε το 1787. Στο εξής η νέα χημεία θα ήταν αναπόσπαστα δεμένη με τη νέα ορολογία και μαζί θα αποτελούσαν τα θεμέλια για την οικοδόμηση της νέας επιστήμης.

Θα αποτελούσε παράλειψη να μην αναφερθούν και οι νεωτερισμοί που επέφερε ο Lavoisier στο "Στοιχειώδες Σύγγραμμα Χημείας", βιβλίο που συνέβαλε αποφασιστικά στην κατανόηση και διάδοση της χημείας για πολλά χρόνια. Εκδόθηκε σε μια σημαδιακή χρονολογία, το 1789 –την ίδια χρονιά που με την άλωση της Βαστίλης άρχισε η Γαλλική Επανάσταση– σηματοδοτώντας μια άλλη ειρηνική επανάσταση, της οποίας τα μακροχρόνια αποτελέσματα θα μπορούσαν να θεωρηθούν ακόμη πιο σημαντικά για την ανθρωπότητα. Το βιβλίο απαρτιζόταν από τρεις ενότητες. Η πρώτη εξέταζε τα αέρια, τις καύσεις και το σχηματισμό των οξέων–δηλαδή κυρίως τη νέα χημεία του συγγραφέα. Η δεύτερη πραγματευόταν τα άλατα και περιείχε πίνακες με τις αντιδράσεις ζευγών οξέων και βάσεων, καθώς και έναν πίνακα των απλών ουσιών, δηλαδή των 33

* Αξίζει να σημειωθεί ότι το βιβλίο "Χημική Φιλοσοφία" του Fourcroy εκδόθηκε στα ελληνικά, "εκ γρακισθείσα" υπό του Θεοδόσιου Ηλιάδη και με επιμέλεια του Ανθιμου Γαζή.

στοιχείων που ήταν ως τότε γνωστά. Στην τρίτη ενότητα υπήρχαν περιγραφές των χημικών οργάνων και των εργαστηριακών διεργασιών, ένα αντικείμενο που δεν έθιγαν τα προηγούμενα χημικά βιβλία· εδώ βρίσκονταν και τα όμορφα χαρακτηριστικά της κυρίας Lavoisier. Το βιβλίο γνώρισε τεράστια επιτυχία και μεταφράστηκε σε πολλές γλώσσες.

Παράλληλα με τις επιστημονικές του δραστηριότητες, ο Lavoisier είχε αναπτύξει και πολιτικές. Ως μέλος της Συνέλευσης της Ορλεάνης, το 1787, παρουσίασε μνημόνια για ουσιαστικές μεταρρυθμίσεις που απαιτούσαν οι καιροί: ορθολογιστική φορολόγηση, ταμειυτήριο για τις οικονομίες του λαού, βελτιώσεις στη γεωργία, συντάξεις για τους ηλικιωμένους και ελευθερία στο εμπόριο. Εντούτοις, οι προτάσεις του δεν είχαν απήχηση, καθώς οι προνομιούχες τάξεις δεν είχαν τη διάθεση να παραχωρήσουν προνόμια ούτε στις αστικές ούτε στις λαϊκές τάξεις. Λίγο αργότερα ετοίμασε μια πρωτοποριακή μελέτη για τον πλούτο της Γαλλίας και το φορολογήσιμο δυναμικό του. Το 1792 ο βασιλιάς του πρότεινε να αναλάβει το Υπουργείο των Οικονομικών, αλλά αυτός αρνήθηκε, κρίνοντας ότι ήταν πια πολύ αργά. Ήδη είχε παραιτηθεί από το Πυριτιδοποιείο και είχε εγκαταλείψει κατοικία και εργαστήριο, λόγω των πολιτικών εξελίξεων. Κατά τα ταραγμένα αυτά χρόνια, ωστόσο, χρημάτισε μέλος σε δύο σώματα που είχαν συσταθεί από την Εθνοσυνέλευση, το 1791: τη Συμβουλευτική Επιτροπή Τεχνών και Χειροτεχνίας και την Επιτροπή Μέτρων και Σταθμών. Στα πλαίσια των υποχρεώσεών του, η πιο αξιολογη και ολοκληρωμένη πρότασή του ήταν σχετικά με ένα νέο σύστημα δημόσιας εκπαίδευσης. Εξάλλου, είχε ουσιαστική συμβολή στην καθιέρωση του μετρικού συστήματος. Εκτός από αυτές τις δραστηριότητες, από το 1791 είχε αναλάβει και τα οικονομικά της Ακαδημίας.

Εν τω μεταξύ όμως είχε αρχίσει η περίοδος της Τρομοκρατίας. Οι 28 μέτοχοι της φοροεισπρακτικής εταιρίας φυλακί-

στηκαν με κατηγορίες για οικονομικά εγκλήματα. Οι αρχικές ήπιες κατηγορίες μετατράπηκαν στη συνέχεια σε ανυπόστατες αντιεπαναστατικές δραστηριότητες, οπότε με συνοπτικές διαδικασίες οι κατηγορούμενοι καταδικάστηκαν σε θάνατο. Όλοι, μαζί και ο Lavoisier, κατατομήθηκαν στις 8 Μαΐου 1794. Κάποιο ρόλο φαίνεται ότι έπαιξε σ' αυτή τη συμπαιγνία ένας φλογερός επαναστάτης που θεωρούσε τον εαυτό του χημικό. Ο Jean-Paul Marat είχε παλιότερα προσπαθήσει επανειλημμένα να γίνει μέλος της Ακαδημίας, αλλά ο Lavoisier πάντα του έκανε αρνητική εισήγηση.

Αυτό το άδοξο τέλος είχε ένα από τα λαμπρότερα πνεύματα όλων των εποχών, που διέπρεψε όχι μόνο στη χημεία, αλλά επίσης στην οικονομία, τη γεωργία, την υγιεινή, την εκπαίδευση και την κοινωνική πρόοδο. Αλήθεια, στο γράψιμο της Ιστορίας δεν θα έπρεπε να έχουν εξέχουσα θέση τέτοιοι μεταρρυθμιστές;

**AMEDEO
AVOGADRO**

• 1776 - 1856 •



**STANISLAO
CANNIZZARO**

• 1826 - 1910 •



Σε αντίθεση με άλλα διάσημα ζεύγη επιστημόνων, οι δυο αυτοί χημικοί δε συνεργάστηκαν ποτέ, ούτε καν συναντήθηκαν, παρόλο που για ένα διάστημα έζησαν πολύ κοντά ο ένας στον άλλο. Εξάλλου, αν και Ιταλοί, τα κοινά τους στοιχεία ήταν ελάχιστα. Το περισσότερο έργο του Αβογαδρό αναφέρεται στη φυσική, ενώ ο Cannizzaro ήταν καθαρόαιμος χημικός. Η σχέση τους είναι απλή: ο Cannizzaro "ανακάλυψε" τον Αβογαδρό και την περιφημη υπόθεσή του, ότι δηλαδή τα αέρια περιέχουν στην ίδια μονάδα όγκου τον ίδιο αριθμό μορίων. Έχοντας πεισθεί για την ορθότητα της υπόθεσης, κατόρθωσε να πείσει με τη σειρά του την επιστημονική κοινότητα, στο πρώτο διεθνές συνέδριο της χημείας που έγινε στην Καρλοσούη το 1860.

Ο Avogadro γεννήθηκε στο Τουρίνο, πρωτεύουσα του Βασιλείου της Σαρδηνίας και της επαρχίας του Πιεμόντε (Πεδεμοντίου). Προερχόταν από παλιά αριστοκρατική οικογένεια και ο πατέρας του ήταν ανώτατος δικαστικός. Σπούδασε νομικά στο Πανεπιστήμιο του Τουρίνου και για μερικά χρόνια υπηρέτησε ως δημόσιος υπάλληλος στην υπό γαλλική κατοχή τότε επαρχία του Πιεμόντε. Η ενασχόλησή του με τις φυσικές επιστήμες φαίνεται ότι άρχισε με διάβασμα κατά τις ελεύθερες ώρες του και την παρακολούθηση μαθημάτων φυσικής στο Πανεπιστήμιο.

Το 1804 έγινε αντεπιστέλλον μέλος της Ακαδημίας Επιστημών του Τουρίνου, μετά την υποβολή δυο δοκιμίων σχετικών με τον ηλεκτρισμό. Η πρώτη δημοσίευση αναφερόταν επίσης σε ηλεκτρικά φαινόμενα· συγκεκριμένα, χρησιμοποιώντας τα πειραματικά αποτελέσματα γνωστών Ιταλών φυσικών, όπως των Volta και Beccaria, χωρίς να καταφύγει στα μαθηματικά, ανέλυε την ηλεκτρική κατάσταση των μονωτών και χρησιμοποιώντας κυρίως τη διαίθησή του πλησίασε πολύ στην ερμηνεία των διηλεκτρικών ιδιοτήτων της ύλης.

Σε ηλικία 30 ετών αποφάσισε να εγκαταλείψει τη διοικητική του θέση και να στραφεί προς την εκπαίδευση. Αρχικά ασχολήθηκε ως προγυμναστής (*repetiteur*) με τη φροντιστηριακή διδασκαλία της φυσικής στο Πανεπιστήμιο. Η θέση αυτή δεν τον ικανοποιούσε και μόλις παρουσιάστηκε η ευκαιρία κατέλαβε θέση καθηγητή "θετικής φιλοσοφίας" (μαθηματικά και φυσική) στο Βασιλικό Κολλέγιο της μικρής πόλης Vercelli κοντά στο Τουρίνο. Παρόλο το βαρύνδουπο τίτλο του, το Κολλέγιο δεν ήταν παρά ένα συνηθισμένο γυμνάσιο χωρίς τίποτε το ιδιαίτερο. Εντούτοις, ο Avogadro είχε τώρα στη διάθεσή του πολύ περισσότερο χρόνο για μελέτη και εμβάθυνση στα θέματα που τον ενδιέφεραν. Για παράδειγμα, το 1809 δημοσίευσε μια πραγματεία με τίτλο "Ιδέες επί της οξύτητας και αλκαλικότητας" όπου ανέπτυξε τους προβληματισμούς του

για το πώς μπορεί να οριστούν τα οξέα και οι βάσεις και πόσο απαραίτητο συστατικό τους είναι το οξυγόνο. Στα συμπεράσματά του κατέληγε με αξιοσημείωτη ευθυκρισία, σε αντίθεση με ό,τι πίστευαν οι σύγχρονοί του από την εποχή του Lavoisier, ότι το οξυγόνο δεν είναι απαραίτητο στα οξέα, αφού το υδροθείο που είναι οξύ δεν περιέχει το στοιχείο αυτό, ενώ αντίθετα το νερό και οι βάσεις δεν έχουν όξινες ιδιότητες αλλά περιέχουν οξυγόνο.

Είναι γεγονός ότι ο Αβογαδρό δεν υπήρξε παρά ελάχιστα πειραματιστής. Αφενός η έλλειψη εργαστηριακού χώρου και αφετέρου το γενικότερο υπόβαθρο της παιδείας του, σε συνδυασμό με την ιδιαίτερη κλίση του, συνέβαλαν στο να αποσιωθεί κυρίως σε θεωρητικές μελέτες, αποτελώντας ίσως τον πρώτο θεωρητικό επιστήμονα των φυσικών επιστημών. Ασφαλώς γι' αυτό δεν είχε την οφειλόμενη αναγνώριση, καθώς οι συνάδελφοί του ήταν γενικότερα δύσπιστοι σε ό,τι δεν είχε ισχυρή πειραματική υποστήριξη. Τηρουμένων των αναλογιών, η κατάσταση δεν έχει αλλάξει και πολύ ως τις μέρες μας, με τη διαφορά ότι οι θεωρητικοί κλάδοι των φυσικών επιστημών έχουν αποκτήσει αυτόνομη ύπαρξη.

Η ζωή του Αβογαδρό κύλησε ήσυχα, χωρίς εξαιρετικά γεγονότα, παρόλο το ταραγμένο πολιτικό κλίμα της εποχής του. Ήταν αφοσιωμένος στην επιστήμη και την πολυμελή του οικογένεια (επτά παιδιά). Δεν ταξίδεψε ποτέ στο εξωτερικό και ούτε διατηρούσε αλληλογραφία με συναδέλφους του. Η ενημέρωσή του πάντως σχετικά με τις εξελίξεις της φυσικής και της χημείας φαίνεται ότι ήταν άριστη, ακόμη και στα χρόνια που πέρασε στο Κολλέγιο.

Μελετώντας τις ιδιότητες διαφόρων απλών ενώσεων στην αέρια κατάσταση, σε συνδυασμό και με το νόμο των απλών αναλογιών του Gay-Lussac (σελ. 38), ο Αβογαδρό υπέθεσε ότι "κάτω από όμοιες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας ίσοι όγκοι όλων των αερίων περιέχουν τον ίδιο αριθμό μορίων". Η

υπόθεση αυτή διατυπώθηκε στο περίφημο έργο του "Essai d'une maniere de determiner les masses relatives des molecules elementaires" (Δοκίμιο ενός τρόπου προσδιορισμού των σχετικών μαζών των στοιχειωδών μορίων), το 1811. Αν η λέξη μόριο είχε τη σημερινή σημασία, η υπόθεσή του ίσως να συναντούσε καλύτερη υποδοχή. Όμως μόριο δε σήμαινε τότε παρά σωματίδιο (τον όρο, *molecula*, είχε χρησιμοποιήσει πρώτος το 1658 ο Ιταλός Cassendi με την έννοια της μικρής μάζας, ως υποκοριστικό του *mole*, δηλαδή μεγάλου όγκου). Οι έννοιες ατόμου και μορίου δεν είχαν ακόμη ξεκαθαριστεί, με αποτέλεσμα η υπόθεσή του να μοιάζει παράλογη, αφού όλοι πίστευαν ότι τα μόρια των αερίων στοιχείων (οξυγόνο, υδρογόνο, άζωτο) αποτελούνταν από ένα μόνο άτομο. Θα έπρεπε λοιπόν ένα σωματίδιο να αποτελείται από δύο τουλάχιστον άτομα είτε τα άτομα να είναι διαιρούμενα. Ο Avogadro υποστήριξε βέβαια ότι πράγματι τα μόρια των απλών αερίων είναι διατομικά, αλλά κάτι τέτοιο δε μπορούσε να δικαιολογηθεί: όλοι πίστευαν ότι όμοια άτομα απωθούνται μεταξύ τους, όχι μόνο επειδή έχουν όμοια ηλεκτρικά φορτία, αλλά και επειδή περιβάλλονται από μια "ατμόσφαιρα θερμότητας", με την οποία εξηγούσαν τη θερμική διαστολή των αερίων. Εξάλλου, ο J. Dalton είχε μόλις αποδείξει πειστικά ότι τα άτομα δεν είναι δυνατό να διαιρούνται. Στο δίλημμα λοιπόν "διατομικά μόρια ή διαιρούμενα άτομα" η απάντηση φυσιολογικά ήταν απορροητική και για τις δύο εκδοχές. Ας μην ξεχνάμε ότι δεν υπήρχε καθόλου πειραματική υποστήριξη. Έτσι, η πρωτοποριακή για την εποχή του θεωρία θα έμενε λησμονημένη επί 50 ολόκληρα χρόνια, κατά τα οποία πάντως η χημεία δεν έπαψε να προχωρεί με μεγάλα βήματα, παρόλη την έλλειψη θεωρητικού υπόβαθρου.

Θα πρέπει εδώ να σημειωθεί, ότι μια παρόμοια υπόθεση είχε κάνει ανεξάρτητα λίγο αργότερα, το 1814, ο Γάλλος André-Marie Ampère (1775-1836), χωρίς φυσικά καλύτερη τύχη. Με

την παραδοχή ότι τα μόρια των αερίων περιέχουν άρτιο αριθμό ατόμων, η πρότασή του ήταν ότι κάθε στοιχείο αποτελείται από τέσσερα άτομα. Το σκεπτικό του βασιζόταν στο γεγονός ότι αφού οι κρύσταλλοι είναι τρισδιάστατοι, το ίδιο θα συμβαίνει και στην απλούστερη δομική τους μονάδα, η οποία θα έχει την απλούστερη διάταξη των ατόμων της, του τετραέδρου. Ο Ampère δεν είναι άλλος από το γνωστό φυσικό, ο οποίος εμφανίστηκε αρχικά ως μαθηματικός, με το έργο "Η μαθηματική θεωρία των τυχερών παιγνιδιών".

Κατά τη διάρκεια της παραμονής του στο Vercelli, ο Avogadro δημοσίευσε συνολικά 12 εργασίες που αναφέρονταν κυρίως στην ειδική θερμότητα –σωμάτων στη στερεά, υγρή και αέρια κατάσταση– την οποία προσπαθούσε να συσχετίσει με διάφορες φυσικές και χημικές ιδιότητες, όπως το δείκτη διάθλασης, τη συγγένεια προς το οξυγόνο, την ηλεκτροθετικότητα, κτλ. Ανεξάρτητα από τα συμπεράσματά του, τα οποία βασίζονταν σε πειραματικά δεδομένα χαμηλής αξιοπιστίας, ήταν η πρώτη σοβαρή προσπάθεια συσχετισμού φυσικοχημικών ιδιοτήτων.

Το Πανεπιστήμιο του Τουρίνου –ιδρυμένο το 1404– ήταν από τα πιο παλιά και συντηρητικά ιδρύματα της Ιταλίας, με σχολές θεολογίας, νομικής, φιλοσοφίας, ιατρικής και χειρουργικής. Ο νέος άνεμος που έπνευσε κατά τη διάρκεια της Γαλλικής κατοχής συνετέλεσε στο να ιδρυθούν νέες έδρες, μεταξύ των οποίων και της μαθηματικής φυσικής (*fisica sublimata*). Την έδρα αυτή κατέλαβε ο Avogadro, το 1820, και αμέσως επιδόθηκε με ζήλο σε νέες έρευνες, με τη βοήθεια τώρα ενός συνεργάτη και τη χρησιμοποίηση πειραματικών διατάξεων. Μαζί διαπίστωσαν ότι η σειρά ηλεκτροθετικότητας των μετάλλων, όπως ίσχυε μετά από τις μελέτες του Berzelius, έπρεπε να αναθεωρηθεί. Επίσης, σε αντίθεση με τις απόψεις του μεγάλου Σουηδού, ο νόμος των πολλαπλών αναλογιών ήταν ανάγκη να επεκταθεί και στις οργανικές ενώσεις.

Η δημιουργική πορεία όμως του Αβογadro δεν ήταν προορισμένη να κρατήσει για πολύ. Μετά την παλινόρθωση της μοναρχίας η καταπίεση ήταν αφόρητη και ξέσπασε επανάσταση. Το Πανεπιστήμιο, αφού καταλήφθηκε πρώτα από τους φοιτητές, έμεινε στη συνέχεια κλειστό για ένα χρόνο, μετά την ήττα των επαναστατών. Η έδρα του Αβογadro καταργήθηκε και ο ίδιος θα έμενε επί 12 χρόνια εκτός Πανεπιστημίου, με μια μικρή σύνταξη, χωρίς όμως να εγκαταλείψει τελείως τις έρευνές του. Είναι περίεργο ότι αυτόν ακριβώς τον καιρό δημοσίευσε μια ακόμη πειραματική εργασία, σχετικά με την τάση ατμών του υδραργύρου, χωρίς να γίνει γνωστό πού έκανε τις μετρήσεις.

Το 1834 τα πνεύματα είχαν ηρεμήσει και η έδρα της μαθηματικής φυσικής αποκαταστάθηκε, με συνέπεια ο Αβογadro να επιστρέψει στα καθήκοντά του. Στα αμέσως επόμενα χρόνια δημοσίευσε τμηματικά το επιβλητικό τετράτομο έργο του "Φυσική των Σωμάτων που είναι ζυγίσιμα" (*Fisica dei corpi ponderabili*), όπου εξέταζε διεξοδικά τις ιδιότητες των μη αβαρών σωμάτων (τα αβαρή ήταν το φως, η θερμότητα, ο ηλεκτρισμός και ο μαγνητισμός, με τα οποία δεν ασχολήθηκε στο σύγγραμμά του). Ο θάνατος τον βρήκε σε προχωρημένη ηλικία, με ακόμη αχμαίεις τις πνευματικές του δυνάμεις.



Ο Cannizzaro γεννήθηκε στο Παλέρμο της Σικελίας. Ο πατέρας του ήταν ανώτατος δικαστικός και του ενέπνευσε την υπευθυνότητα και σοβαρότητα που θα χαρακτήριζαν τη ζωή του. Σε ηλικία 15 μόλις ετών γράφτηκε στην Ιατρική Σχολή του Πανεπιστημίου του Παλέρμο, ενώ παράλληλα παρακολουθούσε επίσης μαθήματα φιλολογίας και μαθηματικών. Ως φοιτητής ασχολήθηκε με την έρευνα, εργαζόμενος σε ένα υποτυπώδες εργαστήριο υπό την καθοδήγηση του καθηγητή του της φυσιολογίας. Η πρώτη του επιστημονική ανακοίνωση έγι-

νε στο 7ο Συνέδριο των Ιταλών Επιστημόνων, στη Νεάπολη, το 1845. Εκεί ήταν που συνειδητοποίησε ότι όλα τα φυσιολογικά φαινόμενα έχουν χημικά αίτια και αποφάσισε να σπουδάσει χημεία. Η υλοποίηση της απόφασής του άρχισε αστραπιαία, μετά τη γνωριμία του με τον καθηγητή του Πανεπιστημίου της Πίζας Raffaele Piria, ο οποίος ευχαρίστως τον δέχτηκε ως μαθητή του.

Ο Piria (1813-1865) ήταν ήδη μια προσωπικότητα με διεθνή εμβέλεια, ειδικευμένος στην οργανική χημεία, καθώς είχε ανακαλύψει το σαλικυλικό οξύ και είχε παρασκευάσει και μελετήσει αρκετά παράγωγά του. Αργότερα, στο Πανεπιστήμιο του Τουρίνου, θα πετύχαινε το μετασχηματισμό των αμινοξέων σε υδροξυοξέα και επίσης τη μετατροπή των οξέων σε αλδεΐδες. Κοντά του μαθήτευσε ο Cannizzaro επί δύο χρόνια, αποκτώντας ολοκληρωμένες θεωρητικές και πρακτικές γνώσεις. Στο εργαστήριο είχε επίσης την ευκαιρία να γνωριστεί με ένα συνομήλικό του δόκιμο χημικό, τον Cesare Bertagnini (1827-1857), από την εμπειρία του οποίου επωφελήθηκε σημαντικά. Αξιίζει να σημειωθεί ότι ο Bertagnini, παρόλη τη σύντομη ζωή του, πρόλαβε και ανακάλυψε την αντίδραση των αλδεϋδών με το όξινο θειώδες νάτριο και συνέθεσε πριν από τον Perkin το κινναμωμικό οξύ και άλλα παρόμοια οξέα με πρώτες ύλες αρωματικές αλδεΐδες.

Το μέλλον του Cannizzaro στην Πίζα προδιαγραφόταν λαμπρό, αλλά μεσολάβησαν γεγονότα που άλλαξαν τελείως τα πράγματα. Η πολιτική κατάσταση στη Σικελία ήταν άσχημη, καθώς από το 1815 είχε ενσωματωθεί στο Βασίλειο της Νεάπολης, υπό τη μισητή δυναστεία των Βουρβόνων. Ο νεαρός Cannizzaro ήταν υπέρμαχος της απελευθέρωσης της Σικελίας, παρά το γεγονός ότι εκείνη την εποχή ο πατέρας του ήταν διευθυντής της Αστυνομίας και μια από τις αδελφές του κυρία επί των τιμών της βασίλισσας. Το καλοκαίρι του 1847 και ενώ βρισκόταν στο Παλέρμο για διακοπές ξέσπασε η επανάσταση. Χωρίς δισταγμό προσχώρησε στους επαναστάτες και γρήγορα