



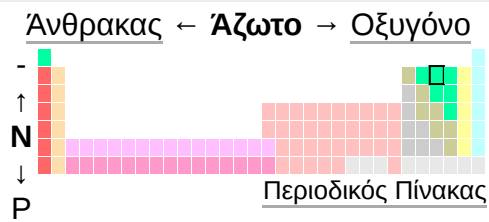
Άζωτο

Το **άζωτο** (παλαιότερα και νιτρογόνο, *λατινικά: nitrogenium*, *αγγλικά: nitrogen*) είναι το χημικό στοιχείο με χημικό σύμβολο **N** και ατομικό αριθμό 7. Είναι το ελαφρύτερο «πνικτογόνο», δηλαδή είναι το ελαφρύτερο χημικό στοιχείο της ομάδας 15 (πρώην V_A) του περιοδικού πίνακα. Το χημικά καθαρό στοιχειακό άζωτο, στη συνηθισμένη διατομική αλλομορφή του και στις κανονικές συνθήκες περιβάλλοντος, δηλαδή σε θερμοκρασία 25°C και υπό πίεση 1 atm, είναι διαφανές, άχρωμο, άοσμο και άγευστο αέριο. Το άζωτο είναι συνηθισμένο χημικό στοιχείο στο σύμπαν, εφόσον θεωρείται το πέμπτο πιο διαδεδομένο συστατικό του σύμπαντος^[1], ενώ εκτιμάται ότι είναι 7^ο σε αφθονία στο Γαλαξία μας και στο ηλιακό σύστημα. Στη Γη αποτελεί περίπου το 77% της ατμόσφαιρας του πλανήτη μας, και από αυτήν την άποψη είναι το πιο άφθονο ελεύθερο χημικό στοιχείο (στον πλανήτη). Ελεύθερο άζωτο (δηλαδή «διάζωτο», εφόσον αποτελείται από διατομικά μόρια) έχει βρεθεί σε μετεωρίτες, στον ήλιο, σε άλλα άστρα και νεφελώματα, ενώ είναι επίσης βασικό συστατικό της ατμόσφαιρας του Τιτάνα. Ενωμένο βρίσκεται σε όλους τους ζωντανούς ιστούς με τη μορφή πρωτεϊνών, αμινοξέων και άλλων χημικών ενώσεων. Επίσης, στην ατμόσφαιρα, στο νερό της βροχής και των θαλασσών, στο έδαφος και στα περιττώματα των ζώων με τη μορφή οξειδίων, αμμωνίας, νιτρικού οξέος, νιτρικών και αμμωνιακών αλάτων.

Το στοιχειακό άζωτο ανακαλύφθηκε ως ένα διαχωρίσιμο συστατικό του ατμοσφαιρικού αέρα από τον Σκώτο φυσικό Ντάνιελ Ράδερφορντ (*Daniel Rutherford*) το 1772.

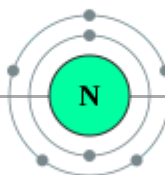
Πολλές σημαντικές βιομηχανικές ενώσεις, τόσο ανόργανες, όπως η αμμωνία (NH₃) και το νιτρικό οξύ (HNO₃), όσο και οργανικές, όπως οι νιτροενώσεις (RNO₂, που είναι προωθητικά και εκρηκτικά) και τα νιτρίλια (RCN), περιέχουν άζωτο. Ο εξαιρετικά ισχυρός τριπλός δεσμός του στοιχειακού διαζώτου (N≡N) κυριαρχεί στη χημεία του αζώτου, κάνοντας δύσκολη τη μετατροπή του στοιχειακού αζώτου σε χρήσιμες ενώσεις του, τόσο για τη βιομηχανία όσο και για τους ζωντανούς οργανισμούς. Για τον ίδιο λόγο η έκλυση του απελευθερώνει μεγάλη ποσότητα χρήσιμης (όταν είναι επιθυμητή) ενέργειας, όταν αζωτούχες ενώσεις καίγονται, εκρήγνυνται ή απλά διασπώνται παράγοντας αέριο στοιχειακό άζωτο. Συνθετικά, η

Άζωτο



7: Nitrogen

2,5



Κατανομή ηλεκτρονίων ανά στοιβάδα στο Άζωτο



Υγρό άζωτο

Ιστορία

Ταυτότητα του στοιχείου

Όνομα, σύμβολο	Άζωτο (N)
Ατομικός αριθμός (Z)	7
Κατηγορία	Αμέταλλα
ομάδα, περίοδος, τομέας	V _A (15) ,2, p
Σχετική ατομική μάζα (A _r)	14,0067

αμμωνία και τα νιτρικά είναι νευραλγικής σημασίας για βιομηχανικά λιπάσματα, αλλά ομοίως και νευραλγικής σημασίας ρυπαντές, προκαλώντας πολλές φορές ευτροφισμό σε υδάτινα οικοσυστήματα.

Εκτός από τις κύριες εφαρμογές των αζωτούχων ενώσεων σε λιπάσματα και αποθήκες ενέργειας, το άζωτο σχηματίζει ευέλικτες οργανικές ενώσεις. Το άζωτο είναι μέρος των υλικών που είναι γνωστά ως υφαντικά Κέβλαρ και ως κυανακρυλική υπερ-κόλλα. Το άζωτο είναι συστατικό για ενώσεις που χρησιμοποιούνται σε κάθε κύρια φαρμακολογική ομάδα, συμπεριλαμβανομένων των αντιβιοτικών. Πολλά φάρμακα είναι μιμητικά ή πρόδρομες ενώσεις φυσικών αζωτούχων ενώσεων. Για παράδειγμα, οι οργανικές νιτροενώσεις όπως η νιτρογλυκερίνη και το νιτροπρουσίδιο ελέγχουν την πίεση του αίματος μεταβολιζόμενα στο φυσικά υπάρχον οξειδίο του αζώτου. Τα φυτικά αλκαλοειδή, που συχνά χρησιμοποιούνται ως αμυντικές ενώσεις, περιέχουν εξ' ορισμού άζωτο, οπότε πολλά αξιοσημείωτα αζωτούχα φάρμακα, όπως η καφεΐνη και η μορφίνη είτε είναι αλκαλοειδή, είτε είναι συνθετικά μιμητικά που δρουν, όπως κάνουν πολλά φυτικά αλκαλοειδή, πάνω στους υποδοχείς των ζωικών νευροδιαβιβαστών. Το τελευταίο ισχύει π.χ. για τις συνθετικές αμφεταμίνες.

Το άζωτο υπάρχει σε όλους τους οργανισμούς, κυρίως στα αμινοξέα, στις πρωτεΐνες και στα νουκλεϊκά οξέα, δηλαδή το DNA και το RNA. Το ανθρώπινο σώμα περιέχει περίπου 7% κατά μάζα άζωτο, που είναι το 4^ο σε αφθονία χημικό στοιχείο στο σώμα, μετά από το οξυγόνο (O), τον άνθρακα (C) και το υδρογόνο (H). Ο κύκλος του αζώτου περιγράφει την κίνηση του στοιχείου από την ατμόσφαιρα στη βιόσφαιρα και μετά πίσω στην ατμόσφαιρα.

Η νανοτεχνολογία ερευνά εφαρμογές σε διάφορες τεχνητές αλλοτροπικές μορφές και χημικές ενώσεις μοριακού μεγέθους της τάξης των νανομέτρων.

Ιστορία και ετυμολογία

Κατά τη διάρκεια του 18^{ου} αιώνα ήταν ήδη γνωστό ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας αποτελείται από δύο αέρια, από τα οποία το ένα συντελεί στην καύση και τη ζωή, ενώ το άλλο όχι.

Το άζωτο επισήμως θεωρείται ότι ανακαλύφθηκε από τον Σκώτο φυσικό Ντάνιελ Ράδερφορντ (*Daniel Rutherford*), ένα φοιτητή Ιατρικής στο Εδιμβούργο, ο οποίος δημοσίευσε πρώτος τα αποτελέσματα της έρευνάς του το 1772 και που ονόμασε *noxious air*, αυτό που είναι σήμερα γνωστό ως άζωτο^{[2][3]}. Παρόλο που δεν αναγνώρισε το άζωτο ως μία εντελώς διαφορετική χημική ουσία, το διαχώρισε καθαρά από τον "*fixed air*"^[4]. Το γεγονός ότι το άζωτο δεν υποστήριζε την καύση ήταν σαφές στον Ράδερφορντ.

Ηλεκτρονική διαμόρφωση	1s ² 2s ² 2p ³
Αριθμός CAS	7727-37-9
Ατομικές ιδιότητες	
Ατομική ακτίνα	92 pm
Ομοιοπολική ακτίνα	75 pm (N-) 65 pm (N=) 58 pm (N≡)
Ηλεκτραρνητικότητα	3,04 (κλίμακα Pauling)
Κυριότεροι αριθμοί οξείδωσης	0, ±3, ±5
Ενέργειες ιονισμού	1.402,3 kJ/mole (N → N+ + e-) 2.856 kJ/mole (N+ → N2+ + 2e-) 4.858,1 kJ/mole (N2+ → N3+ + 3e-)
Φυσικά χαρακτηριστικά	
Σημείο τήξης	-209,86 °C (63,29 K)
Σημείο βρασμού	-195,79 °C (77,36 K)
Πυκνότητα	1,2506 kg/m3 (0 °C, 1 atm)
Ενθαλπία τήξης	0.72 kJ·mol ⁻¹
Ενθαλπία εξάτμισης	5.56 kJ·mol ⁻¹
Ειδική θερμοχωρητικότητα	29.124 J·mol ⁻¹ ·K ⁻¹ (25 °C) (N2)
Μαγνητική συμπεριφορά	διαμαγνητικό
Η κατάσταση αναφοράς είναι η πρότυπη κατάσταση (25°C, 1 Atm) εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά	

Περίπου ταυτόχρονα ερευνούσαν το άζωτο και οι Καρλ Βίλχελμ Σέελε (Carl Wilhelm Scheele), Σουηδός χημικός, Χένρι Κάβεντις (Henry Cavendish) και Τζόζεφ Πρίστλυ (Joseph Priestley), Άγγλοι χημικοί, που το ανέφεραν ως *burnt air* ή ως *phlogisticated air* (δηλαδή ως «φλογιμένο αέρα»)^[5]. Το αέριο άζωτο είναι αρκετά αδρανές ώστε ο Αντουάν Λαβουαζιέ (Antoine Lavoisier) να το αναφέρει ως "*merphitic air*", αλλά και ως *azote*, από την ελληνική λέξη «ἄζωτο(ς)», που προέρχεται ετυμολογικά από το στερητικό α- και την λέξη *ζωή*^[6]. Μέσα σε ατμόσφαιρα (μόνο) αζώτου πέθαναν πειραματόζωα και φλόγες έσβησαν. Βέβαια, στον αέρα που ο Λαβουαζιέ θεωρούσε ως άζωτο μπορεί να περιέχονταν και πάνω από 1% αργό (Ar), με βάση τον τρόπο που χρησιμοποιούσε για την απομόνωσή του.

Η λέξη «άζωτο», που χρησιμοποίησε ο Λαβουαζιέ, χρησιμοποιήθηκε σε πολλές γλώσσες, όπως συγκεκριμένα στη γαλλική, στην ιταλική, στην πολωνική, στη ρωσική, στην αλβανική, στην ελληνική, στην τουρκική, και σε άλλες. Στην αγγλική, όμως, χρησιμοποιήθηκε όχι για το ίδιο το στοιχείο, αλλά ως συνθετικό της ονομασίας πολλών αζωτούχων ενώσεων, όπως η υδραζίνη, η αζιριδίνη και οι ενώσεις του ιόντος αζιδίου (N_3^-). Η αγγλική λέξη για το ίδιο το χημικό στοιχείο άζωτο είναι *nitrogen*, που το 1794 εισήλθε στην αγγλική γλώσσα από τη γαλλική λέξη *nitrogène*, που επινοήθηκε το 1790 από τον Γάλλο χημικό Ζαν Αντουάν Σαπτάλ (Jean-Antoine Chaptal, 1756-1832), προερχόμενη από τις (επίσης) ελληνικές λέξεις *νίτρο* και *γεννώ*. Το άζωτο περιέχεται στο νιτρικό οξύ (HNO_3). Επομένως, ο Σαπτάλ εννοούσε ότι το άζωτο είναι κομβικό τμήμα του νιτρικού οξέος, το οποίο προέρχονταν από το «νίτρο», όπως ονομαζόταν τότε το νιτρικό νάτριο ($NaNO_3$) και το νιτρικό κάλιο (KNO_3)^[7]. Όμως, η λέξη «νίτρο» χρησιμοποιούνταν σε αρχαιότερες εποχές περιγράφοντας γενικά άλατα του νατρίου (Na) και η έννοιά του δεν περιείχε τα νιτρικά, καθώς ήταν παράγωγη από από τη λέξη *νάτρον*.

Ενώσεις του αζώτου ήταν γνωστές ήδη από το Μεσαίωνα. Οι αλχημιστές γνώριζαν το νιτρικό οξύ με το όνομα *aqua fortis* (ισχυρό νερό), ενώ το μείγμα νιτρικού και υδροχλωρικού οξέος 1:3 ήταν γνωστό ως *aqua regia* (βασιλικό νερό), εξαιτίας της ιδιότητάς του να διαλύει τον χρυσό (βασιλιά των μετάλλων). Στις πρώιμες στρατιωτικές, βιομηχανικές και αγροτικές εφαρμογές των αζωτούχων ενώσεων χρησιμοποιούνταν το νίτρο, λέξη που αναφέρονταν τότε στο νιτρικό νάτριο και στο νιτρικό κάλιο, χωρίς διάκριση. Οι πιο αξιοσημείωτες εφαρμογές νίτρου της μεσαιωνικής εποχής περιλάμβαναν το υγρό πυρ, την πυρίτιδα και αργότερα (στη γεωργία) αζωτούχα λιπάσματα. Το 1910, ο Τζον Ουίλιαμ Στρατ ανακάλυψε ότι μία ηλεκτρική εκκένωση διαμέσου αερίου αζώτου σχηματίζει «ενεργό άζωτο» ($[N]$), μια μονοατομική αλλομορφή του στοιχείου. Το "*whirling cloud of brilliant yellow light*" που παράχθηκε με τη συσκευή του αντέδρασε με υδράργυρο (Hg) παράγοντας εκρηκτικό αζωτούχο υδράργυρο (Hg_3N_2)^[8].

Για μακρύ χρονικό διάστημα οι πηγές των αζωτούχων ενώσεων ήταν περιορισμένες. Ως τέτοιες, χρησιμοποιούνταν διάφορες αζωτούχες βιολογικής προέλευσης ενώσεις, τα φυσικά αποθέματα νιτρικών αλάτων, καθώς και ενώσεις που παράγονταν με ατμοσφαιρικές αντιδράσεις. Η παραγωγή αζώτου με βιομηχανικές διεργασίες όπως η διεργασία Φρανκ - Κάρο (Frank-Caro process 1895–1899) και η διεργασία Χάμπερ - Μπος (Haber-Bosch process 1908–1913) διευκόλυναν αυτήν την έλλειψη αζωτούχων ενώσεων, με άμεσο αποτέλεσμα το ήμισυ σχεδόν της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων να βασίζεται πλέον σε συνθετικά αζωτούχα λιπάσματα^[9]. Ταυτόχρονα, περίπου, η διεργασία Όστβαλντ (Ostwald process 1902) για την παραγωγή νιτρικών από το βιομηχανικά παραγόμενο άζωτο επέτρεψε τη μεγάλης βιομηχανικής κλίμακας παραγωγή νιτρικών, που τροφοδότησαν (μεταξύ άλλων) τα κάθε είδους εκρηκτικά των δύο παγκοσμίων πολέμων του 20^{ού} αιώνα.

Τα ισότοπα του αζώτου

Υπάρχουν στη φύση δυο σταθερά ισότοπα του αζώτου, τα ^{14}N και ^{15}N . Το πιο άφθονο (99,634%) από αυτά είναι το ^{14}N , που παράγεται από τον κύκλο CNO στα άστρα. Άλλα 10 ισότοπα έχουν τεχνητά παραχθεί. Από αυτά, το ^{13}N έχει ημιζωή 10 λεπτά, ενώ τα υπόλοιπα έχουν ημιζωές της τάξης του δευτερολέπτου και κάτω.

Το 0,73% του διαζώτου στην ατμόσφαιρα της Γης αποτελείται από $^{14}\text{N}^{15}\text{N}$ και σχεδόν όλο το υπόλοιπο από $^{14}\text{N}_2$.

.

Το ραδιοϊσότοπο ^{16}N είναι το κυρίαρχο ραδιονουκλίδιο ψυκτικό των πυρηνικών αντιδραστήρων συμπίεσμένου ύδατος. Παράγεται από το ^{16}O του νερού κατά την αντίδραση (n,p). Έχει μικρή ημιζωή 7,1 sec, αλλά η μετατροπή του ξανά σε ^{16}O παράγει υψηλής ενέργειας ακτίνες γ (5-7 MeV).

Προέλευση και παραγωγή

Το διάζωτο είναι το πιο άφθονο συστατικό της ατμόσφαιρας της Γης (78,082% κατ' όγκον και 75,3% κατά βάρος ξηρού αέρα). Σχηματίστηκε με πυρηνική σύντηξη στα άστρα. Εκτιμάται ότι είναι το 5^ο χημικό στοιχείο σε αφθονία στο σύμπαν.

Το διάζωτο και οι αζωτούχες ενώσεις ανιχνεύθηκαν στο διαστρικό διάστημα χρησιμοποιώντας φασματοσκοπία υπεριώδους^[10]. Το διάζωτο είναι ένα από τα κύρια συστατικά στην ατμόσφαιρα του Τιτάνα και σε ίχνη σε άλλες πλανητικές ατμόσφαιρες^[11].

Το άζωτο βρίσκεται σε όλους τους ζωντανούς οργανισμούς στη Γη, αφού αποτελεί συστατικό των πρωτεϊνών, των νουκλεϊνικών οξέων και μερικών άλλων σημαντικών βιοχημικά ουσιών. Υπολογίζεται ότι αποτελεί περίπου το 4% του ξηρού βάρους της φυτικής μάζας και το 3% κατά βάρος του ανθρώπινου σώματος. Αποτελεί ακόμη μεγάλο ποσοστό των ζωικών αποβλήτων, συνήθως με τη μορφή της ουρίας, του ουρικού οξέος και διαφόρων άλλων αμμωνιούχων παραγώγων. Αυτά αξιοποιούνται ως λίπασμα από τα φυτά που δεν διαθέτουν μηχανισμό για την άμεση δέσμευση του ατμοσφαιρικού διαζώτου.

Επίσης, το άζωτο απαντάται σε μια μορφή ορυκτών, όπως το νίτρο (KNO_3). Πολλά από αυτά δεν είναι και πολύ συνηθισμένα, κυρίως γιατί είναι εξαιρετικά ευδιάλυτα στο νερό.

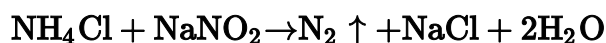
Το άζωτο παρασκευάζεται σχεδόν αποκλειστικά με κλασματική απόσταξη υγροποιημένου αέρα. Το άζωτο έχει χαμηλότερο σημείο βρασμού από το οξυγόνο (-195,8° C και -183,0° C αντίστοιχα) με αποτέλεσμα να αποστάζει πρώτο. Σε μικρότερη κλίμακα παρασκευάζεται με μηχανικά μέσα από αέρα (μεμβράνες αντίστροφης όσμωσης ή προσρόφηση με εναλλαγή πίεσης (pressure swing adsorption), με θέρμανση νιτρώδους αμμωνίου (NH_4NO_2) ή αζωτούχου βαρίου ($\text{Ba}(\text{N}_3)_2$).

Στη μέθοδο της κλασματικής απόσταξης του υγροποιημένου αέρα, ο αέρας αρχικά φιλτράρεται για την απομάκρυνση σωματιδίων και στη συνέχεια συμπιέζεται περίπου στα 5,3 bar. Ακολουθεί ένας οξειδωτικός θάλαμος στον οποίο μετατρέπονται τα ίχνη υδρογονανθράκων σε διοξείδιο του άνθρακα και νερό. Ο αέρας περνάει από ένα διαχωριστή νερού όπου μέρος του νερού απομακρύνεται ενώ το υπόλοιπο νερό και το διοξείδιο του άνθρακα διαχωρίζονται σε στερεά μορφή σε έναν εναλλάκτη θερμότητας ο οποίος μειώνει τη θερμοκρασία του αέρα στους -168 °C σε πίεση 5 bar. Με περαιτέρω ψύξη από μια

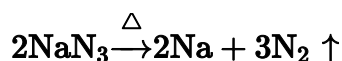
βαλβίδα εκτόνωσης, ο αέρας εισέρχεται στη στήλη κλασματικής απόσταξης (ύψους περίπου 30 μέτρων) όπου το πιο πτητικό άζωτο απομακρύνεται από την κορυφή της στήλης ως αέριο και το οξυγόνο (με ένα μικρό ποσοστό αργού) ως υγρό από τη βάση.^[12]

Εμπορικά το άζωτο είναι συχνά ένα παραπροϊόν της επεξεργασίας ατμοσφαιρικού αέρα που βιομηχανικά γίνεται (κυρίως) για τη συγκέντρωση οξυγόνου για την παραγωγή χάλυβα και άλλους σκοπούς. Η προμήθειά του γίνεται σε κυλίνδρους και συχνά χρησιμοποιείται η συντομογραφία **OFN** (**O**xxygen-**F**ree **N**itrogen)^[13].

Σε εργαστηριακή κλίμακα, το άζωτο μπορεί να παραχθεί με επίδραση υδατικού διαλύματος χλωριούχου αμμωνίου (NH_4Cl) σε νιτρώδες νάτριο (NaNO_2)^[14]:



Με αυτήν την αντίδραση συμπράγονται μικρές ποσότητες προσμείξεων μονοξειδίου του αζώτου (NO) και νιτρικού οξέος (HNO_3). Οι προσμείξεις μπορούν να αφαιρεθούν με διέλευση του παραγόμενου αέριου μέσα από «παγίδα» υδατικού διαλύματος θεικού οξέος (H_2SO_4), που περιέχει διχρωμικό κάλιο ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$)^[14]. Πολύ καθαρό άζωτο μπορεί να παραχθεί με θερμική διάσπαση αζιδίου του βαρίου [$\text{Ba}(\text{N}_3)_2$] ή αζιδίου του νατρίου (NaN_3)^[15]:



Ιδιότητες

Το άζωτο είναι αμέταλλο χημικό στοιχείο, με ηλεκτραρνητικότητα 3,04^[16]. Το άτομό του πέντε (5) ηλεκτρόνια στην εξώτατη ηλεκτρονιακή στοιβάδα του και γι' αυτό είναι τρισθενές στις περισσότερες ενώσεις του. Ο τριπλός δεσμός στο μόριο του διαζώτου (N_2) είναι από τους ισχυρότερους (χημικούς δεσμούς) που υπάρχουν. Η (σχετικά μεγάλη) ισχύς του δεσμού του διαζώτου έχει ως αποτέλεσμα το στοιχειακό άζωτο να σχηματίζει (σχετικά) δύσκολα ενώσεις, καθώς και αντίστροφα να διευκολύνει (σχετικά) τον επανασχηματισμό του, με διάσπαση αζωτούχων ενώσεων και έκλυση ενέργειας. Αυτό έχει συνέπειες για τον ρόλο του αζώτου τόσο στη φύση, όσο και στις ανθρωπογενείς οικονομικές δραστηριότητες.

Υπό (κανονική) ατμοσφαιρική πίεση (1 atm), το μοριακό άζωτο υγροποιείται στους $-195,79\text{ }^\circ\text{C}$ και στερεοποιείται στους $-210,01\text{ }^\circ\text{C}$ ^[17] στη εξαγωνική συμπίεσμένη κρυσταλλική αλλομορφή του (που ονομάζεται β φάση). Κάτω από τους $-237,6\text{ }^\circ\text{C}$, το άζωτο υιοθετεί την κυβική κρυσταλλική αλλομορφή του (που ονομάζεται α φάση)^[18]. Το υγροποιημένο διάζωτο είναι υγρό που θυμίζει το νερό στην εμφάνιση, αλλά έχει το 80,8% της πυκνότητάς του, στο σημείο βρασμού του. Είναι συνηθισμένο κρυογόνο^[19].

Ασταθή αλλότροπα του αζώτου, με μόρια που αποτελούνται από περισσότερα από δύο (2) άτομα αζώτου έχουν παραχθεί εργαστηριακά. Τέτοια είναι το τριάζωτο (N_3) και το τετραάζωτο (N_4)^[20]. Υπό εξαιρετικά υψηλές πιέσεις (1,1 εκατομμύρια atm) και σε υψηλές θερμοκρασίες (2.000 K), που παράγονται χρησιμοποιώντας ένα αδαμάντινο κελί συμπίεσης, το διάζωτο πολυμερίζεται σε μια κυβική κρυσταλλική δομή με απλούς μόνο ομοιοπολικούς δεσμούς. Η δομή αυτή είναι παρόμοια με αυτή του διαμαντιού, και το μόριό του έχει εξαιρετικά ισχυρούς ομοιοπολικούς δεσμούς. Γι' αυτό το τετραάζωτο ονομάζεται

επίσης διαμάντι αζώτου^[21]. Άλλα αλλότροπα (που δεν έχουν όμως ακόμη συνθεθεί), περιλαμβάνουν την εξαζίνη (N_6), με μοριακή δομή ανάλογη με αυτήν του βενζολίου^[22] και το οκταζακυβάνιο (N_8), με μοριακή δομή ανάλογη με αυτήν του κυβανίου^[23]. Η εξαζίνη προβλέφθηκε ότι θα είναι πολύ ασταθές, ενώ το δεύτερο κινητικά σταθερό, για λόγους τροχιακής συμμετρίας^[24].

Το άζωτο διαλύεται ελάχιστα στο νερό, δεν είναι δηλητηριώδες, αλλά ασφυκτικό. Δεν καίγεται, αλλά έχει παρατηρηθεί ότι ορισμένα στοιχεία μπορούν να “καούν” σε άζωτο, όπως το μαγνήσιο στους 300 °C και το λίθιο ακόμα και σε θερμοκρασία δωματίου, παράγοντας κρυσταλλικά μεταλλικά νιτρίδια^[25]. Όταν θερμανθεί υπό πίεση με το υδρογόνο παρουσία καταλύτη, σχηματίζεται αμμωνία.

Το φυσικό άζωτο στη Γη αποτελείται από μίγμα δύο σταθερών ισοτόπων του, το ^{14}N (99,63%) και το ^{15}N (0,37%). Από τα υπόλοιπα γνωστά ραδιενεργά ισότοπα, το ^{13}N έχει χρόνο ημιζωής περίπου δέκα λεπτά ενώ τα υπόλοιπα λίγα δευτερόλεπτα ή και λιγότερο.^[26]

Το μόριο του αζώτου έχει μηδενική (0 D) διπολική ροπή και έτσι είναι διάφανο στην υπέρυθρη και στην ορατή ακτινοβολία. Αντίθετα, παρουσιάζει σημαντική απορρόφηση υπεριώδους ακτινοβολίας, σε μήκος κύματος περίπου 100 nm.

Βιολογική σημασία – Κύκλος του αζώτου

Το άζωτο είναι ένα από τα 27 απαραίτητα χημικά στοιχεία για τη ζωή. Μαζί με τον άνθρακα, το υδρογόνο και το οξυγόνο αποτελούν, σε ποσοστό, το 96% (κατά βάρος) των ζωντανών οργανισμών. Ειδικότερα, το άζωτο είναι απαραίτητο για τη ζωή καθώς αποτελεί βασικό συστατικό των αμινοξέων και νουκλεϊκών οξέων, δομικά στοιχεία των πρωτεϊνών.

Η μεγάλη πλειονότητα των ζωντανών οργανισμών δεν μπορεί να χρησιμοποιήσει το μοριακό άζωτο που βρίσκεται άφθονο στην ατμόσφαιρα, και έτσι αυτό πρέπει να μετατραπεί σε κάποια άλλη πιο εύχρηστη μορφή. Η διαδικασία αυτή, γνωστή ως αζωτοδέσμευση, πραγματοποιείται είτε με φυσικό είτε με βιολογικό τρόπο.

Στη φυσική αζωτοδέσμευση, το άζωτο της ατμόσφαιρας ενώνεται με το οξυγόνο ή το υδρογόνο των υδρατμών, με την απορρόφηση ενέργειας που προσφέρεται από κεραυνούς ή άλλες ηλεκτρικές εκκενώσεις, σχηματίζοντας νιτρικά ιόντα ή αμμωνία αντίστοιχα. Αυτά, στη συνέχεια, μεταφέρονται με τη βοήθεια της βροχής στο έδαφος.

Η βιολογική αζωτοδέσμευση, αποτελεί τον κύριο τρόπο μετατροπής του ελεύθερου αζώτου σε χρήσιμες, για τους οργανισμούς, χημικές ενώσεις. Πραγματοποιείται με τη βοήθεια μικροοργανισμών του εδάφους, τα αζωτοδεσμευτικά βακτήρια, τα οποία είτε ζουν ελεύθερα είτε συνηθέστερα συμβιώνουν (π.χ. *Rhizobium*) στις ρίζες ορισμένων φυτών όπως τα ψυχανθή (όσπρια, κουκιά κλπ.). Εκεί, τα βακτήρια μετατρέπουν το ατμοσφαιρικό άζωτο σε νιτρικά ιόντα, μέρος των οποίων μεταφέρονται στα φυτά. Ως μέρος αυτής της συμβίωσης τα φυτά μετατρέπουν τα νιτρικά ιόντα σε οξείδια του αζώτου και αμινοξέα για τη δημιουργία πρωτεϊνών και άλλων βιολογικά χρήσιμων μορίων, και σε αντάλλαγμα παράγουν σάκχαρα, τα οποία χρειάζονται τα βακτήρια.

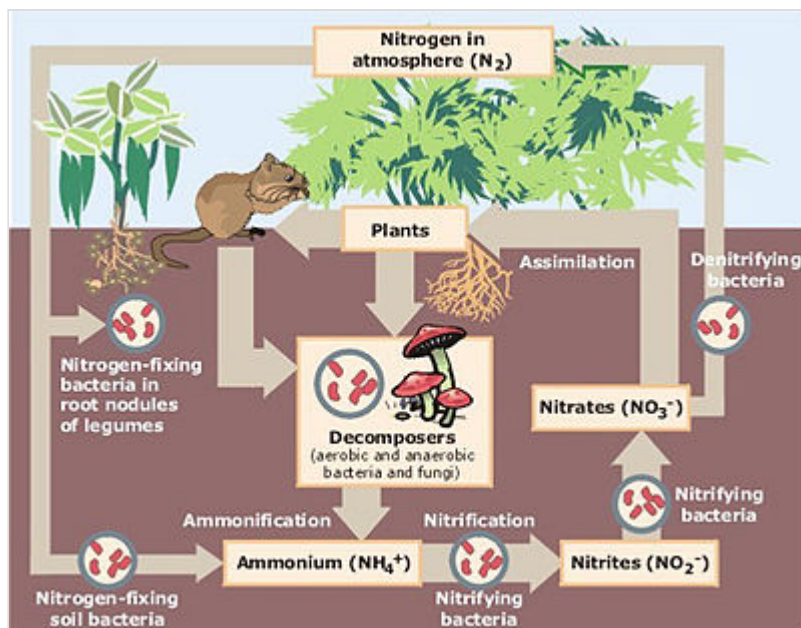
Στη συνέχεια, το άζωτο που είναι δεσμευμένο στην οργανική ύλη, ανακυκλώνεται κλείνοντας έτσι τον κύκλο του αζώτου και διατηρώντας την ισορροπία στην ατμόσφαιρα. Αυτό πραγματοποιείται σε δύο στάδια: Οι πρωτεΐνες διασπώνται με τη βοήθεια μικροοργανισμών σε αμμωνία και αυτή από άλλους

μικροοργανισμούς (νιτροποιητικοί) σε νιτρικά ιόντα. Μέρος αυτών μετατρέπονται από βακτήρια (απονιτροποιητικά) σε μοριακό άζωτο, που απελευθερώνεται στην ατμόσφαιρα.

Τέλος, τα ζώα προσλαμβάνουν από τα φυτά τα αζωτούχα αμινοξέα, τα οποία χρησιμοποιούνται ως πρώτη ύλη για την παρασκευή πρωτεϊνών και νουκλεϊκών οξέων.

Η παραπάνω ισορροπία πολλές φορές διαταράσσεται από διάφορες ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως είναι κυρίως η χρήση φυσικών και βιομηχανικών λιπασμάτων σε τεράστιες ποσότητες. Ένα μεγάλο μέρος αυτών των λιπασμάτων παρασύρεται από τα νερά της βροχής και καταλήγει σε λίμνες, ποτάμια ή τη θάλασσα. Εκεί προκαλείται το φαινόμενο του ευτροφισμού, όπου η υπερβολική ανάπτυξη των βακτηρίων λόγω της παρουσίας του αζώτου εξαντλεί το οξυγόνο των νερών, με αποτέλεσμα τον θάνατο των ανώτερων οργανισμών.

Αποφασιστικός είναι ο ρόλος του αζώτου και μέσα στον ατμοσφαιρικό αέρα. Διατηρεί σχετικά χαμηλή τη συγκέντρωση του οξυγόνου σε αυτή μειώνοντας έτσι τη δραστηριότητά του, με αποτέλεσμα όλες οι οξειδώσεις στη φύση, η καύση και η σήψη να προχωρούν με τη γνωστή μικρή φυσική τους ταχύτητα.



Ο κύκλος του αζώτου

Χρήσεις

Εξαιτίας της αδράνειάς του, το αέριο άζωτο χρησιμοποιείται ευρέως από τη χημική βιομηχανία ως αδρανές "κάλυμμα" για την προστασία μίας ουσίας από ανεπιθύμητη επαφή με το οξυγόνο και την υγρασία. Έτσι, χρησιμοποιείται για τη διατήρηση τροφών, ως ασφαλές κάλυμμα υγρών εκρηκτικών, στην παραγωγή ολοκληρωμένων κυκλωμάτων και ανοξειδωτού χάλυβα, επίσης χρησιμοποιείται για το φούσκωμα των ελαστικών των αεροπλάνων και των αυτοκινήτων, καθώς και στα συστήματα οξειδίου του αζώτου (nitrous oxide systems), συστήματα αύξησης της υποδύναμης ως N_2O .

Η χαμηλή θερμοκρασία και η αδράνεια του αζώτου στην υγρή κατάσταση, το καθιστά κατάλληλο ως ψυκτικό για μια πλειάδα χρήσεων όπως για τη μεταφορά τροφίμων και άλλων προϊόντων, για τα οποία υπάρχει κίνδυνος αλλοίωσης τους, για τη διατήρηση βιολογικών δειγμάτων, αίματος και αναπαραγωγικών κυττάρων (σπέρματος και ωαρίων), στην έρευνα στον τομέα της Κρυογονικής και άλλα.

Ενώσεις του αζώτου ^[27]

Το μεγαλύτερο μέρος του στοιχειακού αζώτου καταναλώνεται για την παραγωγή σημαντικών βιομηχανικών ενώσεων του.

Έτσι, μεγάλες ποσότητες αζώτου χρησιμοποιούνται μαζί με υδρογόνο για την συνθετική παραγωγή **αμμωνίας**, μίας από τις δύο σημαντικότερες εμπορικές αζωτούχες ενώσεις. Στη συνέχεια μέρος της αμμωνίας χρησιμοποιείται ως πρώτη ύλη για την παραγωγή νιτρικού οξέος, νιτρικών αλάτων και ανθρακικής σόδας. Επίσης, από αμμωνία παρασκευάζεται η **υδραζίνη**, N_2H_4 , ένα άχρωμο υγρό που χρησιμοποιείται ως καύσιμο πυραύλων και σε άλλες βιομηχανικές εφαρμογές.

Η δεύτερη σημαντικότερη αζωτούχος ένωση είναι το **νιτρικό οξύ**, ένα εξαιρετικά διαβρωτικό υγρό, που βρίσκει εφαρμογή στην παραγωγή λιπασμάτων, χρωμάτων, φαρμάκων και εκρηκτικών. Το νιτρικό αμμώνιο, NH_4NO_3 , είναι η πιο συνηθισμένη αζωτούχος ένωση των συνθετικών λιπασμάτων.

Το άζωτο επίσης μπορεί να ενωθεί με το οξυγόνο δίνοντας διάφορα οξείδια του αζώτου: α) Το υποξείδιο του αζώτου ή αέριο του γέλιου (laughing gas)^[28], N_2O , το οποίο χρησιμοποιείται ως αναισθητικό, β) Το μονοξείδιο του αζώτου, NO , το οποίο αντιδρά ταχύτατα με οξυγόνο προς διοξείδιο του αζώτου και είναι σημαντικός ατμοσφαιρικός ρύπος, γ) Το διοξείδιο του αζώτου, NO_2 , ενδιάμεσο στην παραγωγή του νιτρικού οξέος και ισχυρό οξειδωτικό. Άλλα δύο οξείδια, το τριοξείδιο του διαζώτου (N_2O_3) και το πεντοξείδιο του διαζώτου (N_2O_5), είναι πολύ ασταθή και εκρηκτικά.

Τα αζίδια, ανόργανα ή οργανικά, είναι ενώσεις που περιέχουν μία ομάδα τριών ατόμων αζώτου ($-N_3$) και είναι εξαιρετικά ευαίσθητα σε δονήσεις και ασταθή. Κάποια από αυτά, όπως το αζίδιο του μολύβδου ή αζωτούχος μόλυβδος, $Pb(N_3)_2$, χρησιμοποιούνται ως πυροκροτητές.

Τέλος, μια μεγάλη ποικιλία οργανικών ενώσεων έχουν ως βασικό συστατικό το άζωτο, όπως είναι τα αμινοξέα, οι αμίνες και τα αμίδια, και η νιτρογλυκερίνη.

Ασφάλεια - Υγεία

Το άζωτο δεν είναι δηλητηριώδες αέριο αλλά μπορεί να προκαλέσει ασφυξία.

Το εισπνεόμενο από τον άνθρωπο άζωτο κανονικά διαλύεται ελάχιστα στο αίμα. Κάτω, όμως, από αυξημένη πίεση, όπως σε μεγάλο βάθος στη θάλασσα, η διαλυτότητά του στο αίμα αυξάνεται. Έτσι, με την απότομη μείωση της πίεσης (π.χ. την γρήγορη επάνοδο στην επιφάνεια ενός δύτη) και την συνακόλουθη μείωση της διαλυτότητας, δημιουργούνται φυσαλίδες αζώτου μέσα στο αίμα, οι οποίες ευθύνονται για μία θανατηφόρο, πολλές φορές, ασθένεια, γνωστή ως νόσος των δυτών.

Τέλος, επαφή του δέρματος με υγρό άζωτο είναι δυνατό να προκαλέσει σοβαρά κρυοπαγήματα μέσα σε ελάχιστα δευτερόλεπτα.

Παραπομπές και σημειώσεις

1. The 10 Most Abundant Elements in the Universe, Thomas Jefferson National Accelerator Facility (http://education.jlab.org/glossary/abund_uni.html)

2. Lavoisier, Antoine Laurent (1965). *Elements of chemistry, in a new systematic order: containing all the modern discoveries*. Courier Dover Publications. p. 15. ISBN 0-486-64624-6.
3. Weeks, Mary Elvira (1932). "The discovery of the elements. IV. Three important gases". *Journal of Chemical Education* **9** (2): 215. Bibcode:1932JChEd...9..215W. doi:10.1021/ed009p215.
4. Aaron J. Ihde, *The Development of Modern Chemistry*, New York 1964.
5. Elementymology & Elements Multidict (<http://elements.vanderkrogt.net/element.php?sym=N>)
6. *Elements of Chemistry*, trans. Robert Kerr (Edinburgh, 1790; New York: Dover, 1965), 52.
7. nitrogen. Etymonline.com. Retrieved on 2011-10-26.
8. Lord Rayleigh's Active Nitrogen. Lateralscience.co.uk. Retrieved on 2011-10-26.
9. Erisman, Jan Willem; Sutton, Mark A.; Galloway, James; Klimont, Zbigniew; Winiwarter, Wilfried (2008). "How a century of ammonia synthesis changed the world". *Nature Geoscience* **1** (10): 636. Bibcode:2008NatGe...1..636E. doi:10.1038/ngeo325.
10. Daved M. Meyer, Jason A. Cardelli, and Ulysses J. Sofia (1997). «Abundance of Interstellar Nitrogen» (<http://arxiv.org/abs/astro-ph/9710162v1>). arXiv. Ανακτήθηκε στις 24 Δεκεμβρίου 2007.
11. Calvin J. Hamilton. «Titan (Saturn VI)» (<http://www.solarviews.com/eng/titan.htm>). Solarviews.com. Ανακτήθηκε στις 24 Δεκεμβρίου 2007.
12. Speight J. G., "Chemical and Process Design Handbook", McGraw-Hill, 2002.
13. Reich, Murray.; Kapenekas, Harry. (1957). "Nitrogen Purification. Pilot Plant Removal of Oxygen". *Industrial & Engineering Chemistry* **49** (5): 869–873. doi:10.1021/ie50569a032.
14. Bartlett, J. K. (1967). "Analysis for nitrite by evolution of nitrogen: A general chemistry laboratory experiment". *Journal of Chemical Education* **44** (8): 475. Bibcode:1967JChEd..44..475B. doi:10.1021/ed044p475. edit
15. Eremets, M. I.; Popov, M. Y.; Trojan, I. A.; Denisov, V. N.; Boehler, R.; Hemley, R. J. (2004). "Polymerization of nitrogen in sodium azide". *The Journal of Chemical Physics* **120** (22): 10618–10623. Bibcode:2004JChPh.12010618E. doi:10.1063/1.1718250. PMID 15268087. edit
16. Lide, D. R., ed. (2003). *CRC Handbook of Chemistry and Physics* (84th ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
17. Gray, Theodore (2009). *The Elements: A Visual Exploration of Every Known Atom in the Universe*. New York: Black Dog & Leventhal Publishers. ISBN 978-1-57912-814-2.
18. Greenwood, Norman N.; Earnshaw, Alan (1997). *Chemistry of the Elements* (2nd ed.). Butterworth-Heinemann. ISBN 0080379419.
19. Iancu, C. V.; Wright, E. R.; Heymann, J. B.; Jensen, G. J. (2006). "A comparison of liquid nitrogen and liquid helium as cryogens for electron cryotomography". *Journal of Structural Biology* **153** (3): 231–240. doi:10.1016/j.jsb.2005.12.004. PMID 16427786.
20. A new molecule and a new signature – Chemistry – tetranitrogen". *Science News*. 16 February 2002. Retrieved 2007-08-18.
21. "Polymeric nitrogen synthesized". *physorg.com*. 5 August 2004. Retrieved 2009-06-22.
22. Fabian, J. & Lewars, E. (2004). "Azabenzenes (azines)—The nitrogen derivatives of benzene with one to six N atoms: Stability, homodesmotic stabilization energy, electron distribution, and magnetic ring current; a computational study". *Canadian Journal of Chemistry* **82** (1): 50–69. doi:10.1139/v03-178.
23. Muir, B. Cubane. (See "further topics" section.)

24. Patil, Ujwala N.; Dhumal, Nilesh R. & Gejji, Shridhar P. (2004). "Theoretical studies on the molecular electron densities and electrostatic potentials in azacubanes". *Theoretica Chimica Acta* **112**: 27–32. doi:10.1007/s00214-004-0551-2.
25. Chemical & Engineering News (<http://pubs.acs.org/cen/80th/nitrogen.html>)
26. Webelements.com (<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/N/key.html>)
27. Το άζωτο στην εγκυκλοπαίδεια Britannica (<http://www.britannica.com/eb/article-9055947/nitrogen>)
28. Ονομάζεται έτσι επειδή η εισπνοή του επιδρά στο νευρικό σύστημα, προκαλώντας συσπάσεις που προσομοιάζουν με γέλιο

Πηγές

- Speight J. G., "Chemical and Process Design Handbook", McGraw-Hill, 2002.
- Sargent-Welch Scientific Company.
- IUPAC (<http://www.iupac.org/publications/pac/2006/pdf/7811x2051.pdf>)
- The 10 Most Abundant Elements in the Universe, Thomas Jefferson National Accelerator Facility (http://education.jlab.org/glossary/abund_uni.html)
- Elementymology & Elements Multidict (<http://elements.vanderkrogt.net/element.php?sym=N>)
- Chemical & Engineering News (<http://pubs.acs.org/cen/80th/nitrogen.html>)
- Webelements.com (<http://www.webelements.com/webelements/elements/text/N/key.html>)
- Το άζωτο στην εγκυκλοπαίδεια Britannica (<http://www.britannica.com/eb/article-9055947/nitrogen>)
- Universal Industrial Gases, Ιδιότητες αζώτου, χρήσεις, εφαρμογές (<http://www.uigi.com/nitrogen.html>)
- Why high nitrogen density in explosives? (<http://www.newton.dep.anl.gov/askasci/chem99/chem99306.htm>) Αρχειοθετήθηκε (<https://web.archive.org/web/20130526130452/http://www.newton.dep.anl.gov/askasci/chem99/chem99306.htm>) 2013-05-26 στο Wayback Machine.
- Howstuffworks: "Why don't they use normal air in race car tires" (<http://auto.howstuffworks.com/question594.htm>)