



# Φωσφόρος

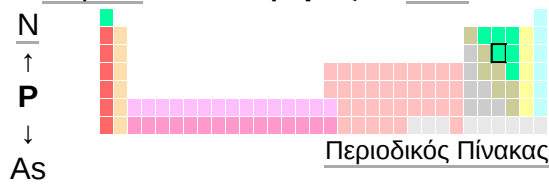
Ο **φωσφόρος**<sup>[1]</sup> ή φώσφορος (αγγλικά: *phosphorus*) είναι το αμέταλλο χημικό στοιχείο με χημικό σύμβολο **P**, ατομικό αριθμό 15 και ατομικό βάρος 30,97376 amu. Είναι χημικό στοιχείο που βρίσκεται σε δυο κύριες αλλομορφές, το λευκό φωσφόρο και τον ερυθρό φωσφόρο, αλλά εξαιτίας της μεγάλης του δραστηριότητας, ο φωσφόρος δεν έχει βρεθεί ποτέ ως ελεύθερο χημικό στοιχείο στη Γη. Αντίθετα, ο φωσφόρος περιέχεται σε ορυκτά και σχεδόν πάντα βρίσκεται στην ανώτερη οξειδωτική βαθμίδα του, δηλαδή στην +5, σε ανόργανα φωσφορικά πετρώματα.

Όταν παράγεται στη στοιχειακή αλλομορφή του λευκού φωσφόρου εκπέμπει μια αχνή ανταύγεια κατά την έκθεσή του στο οξυγόνο, από όπου προέρχεται και η ονομασία του, που προήλθε από την ελληνική μυθολογία. Στα ελληνικά «φωσφόρος» σημαίνει «αυτός που φέρει φως», και αναφέρεται στον αυγερινό, δηλαδή στον πλανήτη Αφροδίτη (κατ' άλλους στον Ερμή). Από τη λέξη φωσφόρος προέρχεται και ο όρος «φωσφορισμός», που σημαίνει την εκπομπή φωτός από ένα σώμα, μετά από το φωτισμό του για ένα χρονικό διάστημα, παρόλο που ενίοτε η λέξη αυτή αναφέρεται και σε περιπτώσεις της αυτοτελούς παραγωγής λάμψης. Ο φωσφορισμός από τον ίδιο το φωσφόρο συμβαίνει κατά την οξείδωση του λευκού φωσφόρου (αλλά όχι και του ερυθρού), μια διεργασία που έχει τον όρο «χημειοφωτισμός». Μαζί με το άζωτο (N), το αρσενικό (As), το αντιμόνιο (Sb) και το βισμούθιο (Bi), ο φωσφόρος ανήκει στην ομάδα του αζώτου ή «πνικτογόνα», δηλαδή στην ομάδα 15 (πρώην V<sub>A</sub>) του περιοδικού συστήματος.

Ο φωσφόρος είναι απαραίτητο χημικό στοιχείο για τη ζωή. Η φωσφορική ομάδα είναι συστατικό του DNA, του RNA και του ATP, και επίσης των φωσφολιπιδίων, από τα οποία σχηματίζονται οι κυτταρικές μεμβράνες. Δείχνοντας πόσο στενά συνδεδεμένος είναι ο φωσφόρος με τη ζωή, αυτό το χημικό στοιχείο απομονώθηκε για πρώτη φορά ανθρωπογενώς ως ελεύθερο χημικό στοιχείο από τα ανθρώπινα ούρα και η στάχτη οστών ήταν μια πρώιμη σημαντική πηγή

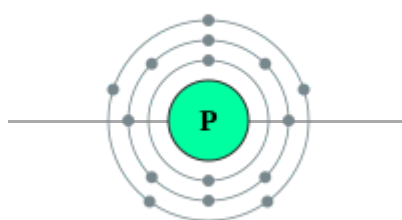
## Φωσφόρος

Πυρίτιο ← Φωσφόρος → Θείο



15: Phosphorus

2,8,5



Κατανομή ηλεκτρονίων ανά στιβάδα στον Φωσφόρο



Μορφές του φωσφόρου

## Ιστορία

### Ταυτότητα του στοιχείου

Όνομα, σύμβολο	Φωσφόρος (P)
Ατομικός αριθμός (Z)	15
Κατηγορία	Αμέταλλα
ομάδα, περίοδος, τομέας	15 ,3, p
Σχετική ατομική μάζα (A <sub>r</sub> )	30.973762(2) amu
Ηλεκτρονική διαμόρφωση	[ Ne ] 3s <sup>2</sup> 3p <sup>3</sup>

### Ατομικές ιδιότητες

Ατομική ακτίνα	128 pm
Ηλεκτραρνητικότητα	2,19 (κλίμακα Pauling)
Κυριότεροι αριθμοί οξείδωσης	0, ±3, +5

φωσφόρου. Η χαμηλή συγκέντρωση φωσφορικών αποτελεί σημαντικό περιορισμό ανάπτυξης για κάποια υδάτινα οικοσυστήματα. Σε οικονομική κλίμακα η μεγάλη πλειοψηφία των φωσφορούχων ενώσεων καταναλώνονται ως λιπάσματα. Τα φωσφορούχα λιπάσματα χρειάζονται για να αναπληρώσουν το φωσφόρο που τα φυτά αφαιρούν από το έδαφος. Η ετήσια ζήτησή τους αυξάνει με διπλάσιο ρυθμό από την αντίστοιχη αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού<sup>[2]</sup>. Άλλες εφαρμογές περιλαμβάνουν το ρόλο κάποιων οργανοφωσφορικών ενώσεων ως απορρυπαντικά, εντομοκτόνα και αέρια νεύρων<sup>[3]</sup>.

## Ετυμολογία και συγγενείς όροι

Το όνομα «φωσφόρος» στην Αρχαία Ελλάδα είχε δοθεί στον πλανήτη Αφροδίτη και προέρχεται από τις ελληνικές λέξεις «φῶς» και «φέρω», που στα νεότερα ελληνικά μεταφράζεται περιφραστικά «αυτός που φέρει φως», δηλαδή «(μετα)φορέας φωτός»<sup>[4]</sup>. Στην αρχαία εποχή δε γίνονταν διάκριση στον τονισμό και χρησιμοποιούνταν με όμοια σημασία και η λέξη «φώσφορος»<sup>[5]</sup>. Στην Ελληνική Μυθολογία και παράδοση ο Αυγερινός είναι το «άστρο της αυγής» και ο Έσπερος ή Εσπερινός ή Αποσπερίτης ή Εωσφόρος είναι το «άστρο του δειλινού», αν και η τελευταία λέξη σταμάτησε να χρησιμοποιείται με αυτήν τη σημασία μετά την έλευση του Χριστιανισμού, επειδή ταυτίστηκε με τον διάβολο.

Σύμφωνα με το *Oxford English Dictionary* η σωστή ονομασία για το χημικό στοιχείο είναι η λατινική λέξη *phosphorus*.

Ο όρος «φωσφορώδες» αναφέρεται στην οξειδωτική βαθμίδα +3 του φωσφόρου, κατ' αναλογία με τον όρο «θειώδες» του θείου (S), και ο όρος «φωσφορικό» αναφέρεται στην οξειδωτική βαθμίδα +5 του φωσφόρου, κατ' αναλογία με τον όρο «θειικό». Ο όρος «φωσφίνη» αναφέρεται στην οξειδωτική βαθμίδα -3 του φωσφόρου.

## Ιστορικό

Ανακαλύφθηκε το 1669 από τον αλχημιστή Μπραντ που αναζητώντας την φιλοσοφική λίθο έλαβε δια ξηράς απόσταξης από υπολείμματα ούρων, μια ουσία η οποία παρουσίαζε την περίεργη ιδιότητα να εκπέμπει φως στο σκοτάδι. Εξ αυτής ακριβώς της ιδιότητας την ονόμασε (φως+φέρων) **φωσφόρο**.

Αυτόν τον πρωτογενή τρόπο παρασκευής προσπάθησε να κρατήσει επτασφράγιστο μυστικό μέχρι που δεν άντεξε και ο ίδιος ο Μπραντ το εκμυστηρεύθηκε στον Κραφτ όπου και εκείνος με την σειρά του τελικά επέδειξε το "περίεργο" αυτό στοιχείο στην Αυλή του Βασιλέως της Αγγλίας Κάρολου τον Β΄ το 1677.

Παράλληλα όμως και ο Κούνκελ εργαζόμενος ανεξάρτητα παρήγαγε ίδια ουσία το 1676, ενώ ο Άγγλος φυσικός και χημικός Ρόμπερτ Μπόιλ μελέτησε τη νέα αυτή φωτοβόλο ουσία την οποία και ονόμασε *noctiluca*. Έτσι το σύνθετες πλέον όνομα που καθιερώθηκε τότε για το στοιχείο αυτό ήταν ο αγγλικός

Ενέργειες ιονισμού	1011,8 kJ/mole (P → P+ + e-) 1.907 kJ/mole (P+ → P2+ + e-) 2.914,1 kJ/mole (P2+ → P3+ + e-)
Φυσικά χαρακτηριστικά	
Σημείο τήξης	44,2 °C (λευκός) 610 °C (μεταλλικός)
Σημείο βρασμού	280,5 °C (λευκός)
Πυκνότητα	1.823 kg/m3 (λευκός) 2.200 – 2.340 kg/m3 (ερυθρός) 2.360 kg/m3 (πορφυρός) 2.690 (μεταλλικός)
Η κατάσταση αναφοράς είναι η πρότυπη κατάσταση (25°C, 1 Atm) εκτός αν σημειώνεται διαφορετικά	

φωσφόρος ή φωσφόρος του Μπόιλ σε διάκριση από τον φωσφόρο της Μπολόνιας ή Βολωνίας που ήταν θειούχο βάριο με κάποιες άλλες προσμίξεις που εξέπεμπε όμως φως μόνο μετά από έκθεση στον Ήλιο. Ένα αιώνα αργότερα το 1770 ο Γκαν (Johan Gottlieb Gahn) ανακάλυψε ότι το κυριότερο στοιχείο των οστών είναι το φωσφορικό ασβέστιο και ο Σέελε (Carl Wilhelm Scheele) εξ αυτού καταφέρνει το 1777 να κατασκευάσει φωσφόρο από την τέφρα οστών. Το ίδιο δε έτος ο Λαβουαζιέ διαπιστώνει και την πραγματική φύση του φωσφόρου ως χημικό στοιχείο όπου και μελέτησε τις ιδιότητές του.

## Προέλευση

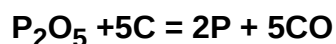
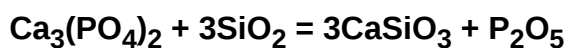
---

Ο φωσφόρος δεν απαντάται ελεύθερος στη φύση αλλά μόνο ενωμένος με άλλα στοιχεία. Το κυριότερο ορυκτό του είναι ο απατίτης που αποτελείται από φωσφορικό ασβέστιο συγκρυσταλλωμένο με φθοριούχο ή χλωριούχο ασβέστιο επονομαζόμενος χλωραπατίτης. Ο λεγόμενος **φωσφορίτης** είναι στην πραγματικότητα προϊόν αποσάθρωσης του απατίτη (φωσφορικό ασβέστιο). Άλλα ορυκτά του φωσφόρου είναι: ο μοναζίτης (πρόκειται για φωσφορικό άλας μετάλλων σπανίων γαιών), ο βιβιανίτης (φωσφορικός δισθενής σίδηρος) κ.ά. Ειδικότερα όμως ο φώσφορος αποτελεί βασικό συστατικό των φυτικών και ζωικών κυττάρων. Απαντάται ιδίως στα οστά, τα ούρα, τα νεύρα, στους μυς, στον εγκέφαλο, στο νωτιαίο μυελό, στα αυγά, στους σπόρους κ.λπ. Η συνήθης μορφή με την οποία βρίσκεται στον οργανισμό είναι η λεκιθίνη (ένας μικτός οργανικός εστέρας γλυκερίνης με φωσφορικό οξύ). Κατά την πορεία του μεταβολισμού οι λεκιθίνες διασπώνται και το φωσφορικό οξύ αποβάλλεται δια των νεφρών μαζί με τα ούρα. Επειδή δε το στοιχείο αυτό θεωρείται απαραίτητο στην ανάπτυξη του οργανισμού, θα πρέπει οι απώλειές του να αναπληρώνονται με λήψη φωσφορούχων τροφών. Τα φυτά λαμβάνουν το στοιχείο αυτό από το έδαφος (φωσφορικό ασβέστιο) που είναι διαλυτό στο νερό περιέχοντας ανθρακικό οξύ. Στα οστά ο φώσφορος βρίσκεται σε αναλογία 12% ως φωσφορικό ασβέστιο και γι' αυτό αποτελούσαν παλαιότερα την μοναδική πηγή παρασκευής του.

## Παρασκευή

---

Πρώτη παρασκευή φωσφόρου ήταν η αποτέφρωση οστών. Ο λαμβανόμενος οστεάνθρακας χρησιμοποιείτο ως αποχρωστικό μέσο στη βιομηχανία σακχάρους. Η τέφρα αυτή των οστών που περιείχε 80% φωσφορικό ασβέστιο και μικρότερα ποσά ανθρακικού και φθοριούχου ασβεστίου, προσβαλλόταν από πυκνό και θερμό θειικό οξύ και το δε ελευθερούμενο φωσφορικό οξύ θερμαινόταν σε κλειστά αποστακτικά κεράτια σε ανάμιξη με κωκ οπότε και σχηματιζόταν φώσφορος, ο οποίος και αποσταζόταν. Σήμερα όμως ο φώσφορος παρασκευάζεται κατά μέθοδο που ανακαλύφθηκε το 1829 από τον Φρήντριχ Βέλερ (Friedrich Wöhler) με άμεση αναγωγή του φωσφορικού ασβεστίου υπό άνθρακα με την παρουσία και διοξειδίου του πυριτίου, με την επίδραση του οποίου ελευθερώνεται πεντοξείδιο του φωσφόρου το οποίο στη συνέχεια ανάγεται υπό άνθρακα σε φωσφόρο.



Η μέθοδος αυτή απαιτεί υψηλή θερμοκρασία γι' αυτό και κατέστη δυνατή η εφαρμογή της μετά την εμφάνιση των ηλεκτρικών καμίνων που σήμερα λειτουργούν με βολταϊκό τόξο κονιοποιούμενου μίγματος φωσφορικού ασβεστίου (φωσφορίτη ή απατίτη) μαζί με κωκ σε θερμοκρασία περίπου 1500

βαθμούς Κελσίου. Το σχηματιζόμενο έτσι πυριτικό ασβέστιο σχηματίζει σε τέτοια θερμοκρασία τήγμα που απομακρύνεται από υφιστάμενη έξοδο στη βάση της καμίνου. Η δε κατανάλωση ρεύματος φθάνει τις 5Wh ανά kg παραγόμενου φωσφόρου. Η μέθοδος αυτή ονομάζεται μέθοδος Βέλερ.

## Ιδιότητες - Είδη

---

Ο φωσφόρος εμφανίζεται με πολλές αλλοτροπικές μορφές των οποίων βασικότερες είναι ο λευκός φωσφόρος, ο ερυθρός φωσφόρος, ο πορφυρός φωσφόρος και ο μεταλλικός φωσφόρος. Οι τέσσερις αυτές μορφές παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές τόσο στις φυσικές όσο και στις χημικές ιδιότητες. Όλες δε οι άλλες μορφές του, αποτελούν (θεωρούνται) παραλλαγές των τεσσάρων βασικών μορφών.

- Πολλοί θεωρούν τον πορφυρούν παραλλαγή του ερυθρού θεωρώντας έτσι τρεις βασικές μορφές.

### Λευκός φωσφόρος

Ο λευκός φωσφόρος είναι σώμα λευκό που μοιάζει με το κερί. Εκτεθειμένος στον Ήλιο καθίσταται κίτρινος. Λαμβάνεται κατά τη συνήθη παρασκευή του φωσφόρου. Διακρίνεται σε δύο τύπους: **α** και **β**.

1. Λευκός φωσφόρος α: Ειδικό βάρος: 1,83 Σημείο τήξης: 44,1, Σημείο ζέσεως: 287° C περίπου (σε απουσία αέρος ή οξυγόνου). Είναι σώμα μαλακό που μπορεί εύκολα να κοπεί με μαχαίρι. Σε θερμοκρασίες κατώτερες των 5° C γίνεται στιλπνός και κρυσταλλικός. Διαλύεται ελάχιστα στο νερό (ένα προς 300.000 μέρη νερού), πολύ όμως εύκολα σε οργανικούς διαλύτες και ιδίως σε διθειάνθρακα σε αναλογία 9:1, μέχρι ακόμη και σε ελαιόλαδο. Από την εξάτμιση των διθειανθρακικών διαλυμάτων του "φωσφόρου α" λαμβάνεται αυτός σε κρυσταλλική μορφή (ρομβικά δεκάεδρα).
2. Λευκός φωσφόρος β: Ο τύπου β λαμβάνεται δια ψύξεως του α τύπου στους -77° C ή με άσκηση επ' αυτού πίεσης 12.000 atm όπου και κρυσταλλοποιείται στο εξαγωγικό σύστημα.

### Ερυθρός φωσφόρος

Ο ερυθρός φωσφόρος είναι ένα ερυθροϊώδες μικροκρυσταλλικό στερεό με Ειδικό βάρος: 2,1, Σημείο τήξεως 500-600° C. Λαμβάνεται με πύρωση του λευκού για λίγες ώρες στους 240° C σε αδρανή ατμόσφαιρα (αζώτου). Το σημείο μετατροπής του είναι μεταξύ 230-250° C ενώ σε μεγαλύτερη θερμοκρασία το φαινόμενο αυτό γίνεται αντιστρεπτό. Ατμοί ερυθρού φωσφόρου αν ψυχθούν αποθέτουν λευκό φωσφόρο. Η αντίδραση μετατροπής του λευκού σε ερυθρό είναι εξώθερμη παρουσιάζοντας έκλυση 3,7 χιλιοθερμίδες ανά γραμμομόριο.

### Πορφυρός φωσφόρος

Ο πορφυρός φωσφόρος λαμβάνεται υπό μορφή άμορφης πορφυράς σκόνης με Ειδικό βάρος: 1,87, δια βρασμού διαλύματος 10% λευκού φωσφόρου σε τριβρωμίδιο του φωσφόρου επί 10 ώρες περίπου, ή διά θερμάνσεως του τριβρωμιδίου με υδράργυρο στους 240° C. Είναι περισσότερος δραστικός από τον ερυθρό, διαφέρει δε από το λευκό στο ότι οξειδώνεται βραδύτερα στον αέρα και δεν παρουσιάζει τοξικές ιδιότητες. Διαλύεται στα αλκάλια με έκλυση φωσφίνης. Στο μόριο του πορφυρού φωσφόρου αποδίδεται ο τύπος **P<sub>2</sub>**.

## Μεταλλικός φωσφόρος

Ο Μεταλλικός φωσφόρος ή μέλας φωσφόρος είναι η τέταρτη αλλοτροπική μορφή του φωσφόρου που όπως ο λευκός έτσι και ο μεταλλικός εμφανίζεται υπό δύο μορφές **α** και **β** μεταλλικός φωσφόρος.

1. Μεταλλικός φωσφόρος α: Ο τύπου α μεταλλικός λαμβάνεται με θέρμανση του ερυθρού στους  $530^{\circ}\text{C}$  ή με διάλυση λευκού φωσφόρου σε μολύβδο στους  $400^{\circ}\text{C}$  μέσα σε κλειστό σωλήνα και μετά την κρυστάλλωση του μίγματος διάλυσης του μολύβδου σε αραιό νιτρικό οξύ. Είναι σώμα κρυσταλλικό σε μονοκλινικούς ή ρομβοεδρικούς κρυστάλλους με Ειδικό βάρος: 2,32. Κατά την εξάχνωσή του δεν οξειδώνεται. Είναι ηλεκτρομονωτικό.
2. Μεταλλικός φωσφόρος β: Ο τύπου β μεταλλικός λαμβάνεται από τον λευκό φωσφόρο με θέρμανση στους  $200^{\circ}\text{C}$  και υπό πίεση 12.000 atm. Είναι σώμα κρυσταλλικό με Ειδικό βάρος: 2,7 και Σημείο τήξεως  $587,5^{\circ}\text{C}$ . Παρουσιάζει λίαν σταθερή μορφή και δεν αναφλέγεται στον αέρα ακόμη και αν θερμανθεί στους  $400^{\circ}\text{C}$ . Είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού.

## Εφαρμογές

Ο φωσφόρος χρησιμοποιείται κυρίως στη βιομηχανία πυρείων (σπίρτων), στη μεταλλουργία για την παρασκευή φωσφορούχων ορειχάλκων, στη βιομηχανία χημικών προϊόντων για την παρασκευή πεντοξειδίου, πεντοχλωριδίου και τριχλωριδίου του φωσφόρου κυρίως ως μυοκτόνο, στη βιομηχανία όπλων για την κατασκευή εμπρηστικών βομβών αλλά και στη βιομηχανία χρωμάτων. Ο φωσφόρος ενώνεται άμεσα ή έμμεσα με μεγάλο αριθμό χημικών στοιχείων (με μέταλλα ή αμέταλλα).

## Παράγωγα

Σπουδαιότερες χημικές ενώσεις του Φωσφόρου είναι:

1. Τα αλογονίδια του φωσφόρου ( $\text{PX}_3$  και  $\text{PX}_5$ , όπου X αλογόνο).
2. Οι φωσφίνες ( $\text{PR}_3$ , όπου R μονοσθενής οργανική ρίζα ή υδρογόνο).
3. Τα φωσφοράνια ( $\text{PR}_5$ , όπου R μονοσθενής οργανική ρίζα ή υδρογόνο).
4. Τα οξειδία του φωσφόρου ( $\text{P}_x\text{O}_y$ ).
5. Τα υποφωσφορώδη οξέα (το υποφωσφορώδες οξύ έχει χημικό τύπο  $\text{H}_3\text{PO}_2$ , ενώ με αντικατάσταση στον τύπο ενός ή δύο ατόμων υδρογόνου από οργανική ρίζα (R), παράγονται τα οργανοϋποφωσφορώδη οξέα).
6. Τα φωσφορώδη οξέα ή ορθοφωσφορώδη οξέα (το φωσφορώδες οξύ έχει χημικό τύπο  $\text{H}_3\text{PO}_3$ , ενώ με αντικατάσταση στον τύπο ενός ατόμου υδρογόνου ή και ενός υδροξυλίου από οργανική ρίζα (R), παράγονται τα οργανοφωσφορώδη οξέα).
7. Τα φωσφορικά οξέα ή ορθοφωσφορικά οξέα [το φωσφορικό οξύ έχει χημικό τύπο  $\text{H}_3\text{PO}_4$ , ενώ με αντικατάσταση στον τύπο ενός ή δύο (2) υδροξυλίων από οργανική ρίζα (R), παράγονται τα οργανοφωσφικά οξέα ].
8. Τα πυροφωσφορικό οξέα [το πυροφωσφορικό οξύ έχει χημικό τύπο  $\text{H}_4\text{P}_2\text{O}_7$ , ενώ με αντικατάσταση στον τύπο έως και τριών (3) υδροξυλίων από οργανική ρίζα (R), παράγονται τα οργανοπυροφωσφικά οξέα ].
9. Τα τριφωσφορικό οξέα [το τριφωσφορικό οξύ έχει χημικό τύπο  $\text{H}_5\text{P}_3\text{O}_{10}$ , ενώ με αντικατάσταση στον τύπο έως και τεσσάρων (4) υδροξυλίων από οργανική ρίζα (R), παράγονται τα οργανοτριφωσφικά οξέα ].

10. Τα μεταφωσφορικά οξέα [τα μεταφωσφορικά οξέα έχουν χημικό τύπο  $(\text{HPO}_3)_n$ , όπου  $n = 3$  ή 4, ενώ με αντικατάσταση στον τύπο ενός έως και  $n-1$  υδροξυλίων από οργανική ρίζα (R), παράγονται τα οργανομεταφωσφορικά οξέα ].
11. Τα παραπάνω οξέα, ανόργανα και οργανικά, παράγουν τους αντίστοιχους εστέρες.
12. Τα σουλφίδια του φωσφόρου ( $\text{P}_x\text{S}_y$ ).



## Παραπομπές και σημειώσεις

---

1. Σημείωση: Η λέξη ταυτίστηκε από αρκετούς και για κάποιο χρονικό διάστημα με την έννοια του διαβόλου και γι' αυτό προτιμήθηκε η ονομασία φώσφορος, για λόγους διαχωρισμού. Τα σύγχρονα ελληνόφωνα εγχειρίδια χημείας, σχεδόν αποκλειστικά, αναφέρουν το χημικό στοιχείο ως φωσφόρο και όχι ως φώσφορο, άσχετα ποιο είναι ορθότερο.
2. Philpott, Tom (March–April 2013). "You Need Phosphorus to Live—and We're Running Out". *Mother Jones*.
3. Herbert Diskowski, Thomas Hofmann "Phosphorus" in Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry 2005, Wiley-VCH, Weinheim. doi:10.1002/14356007.a19\_505
4. Parkes & Mellor 1939, p. 717
5. Parkes and Mellor, p. 717.

## Εξωτερικοί σύνδεσμοι

---

-  Πολυμέσα σχετικά με το θέμα Phosphorus στο Wikimedia Commons
-  Λεξιλογικός ορισμός του φωσφόρος στο Βικιλεξικό

---

Ανακτήθηκε από "<https://el.wikipedia.org/w/index.php?title=Φωσφόρος&oldid=10787267>"