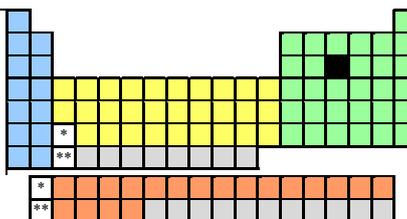


FOSFORO (*phosphorus*)
dal greco φωσφόρος = apportatore di luce



Considerato "sostanza semplice" da Antoine L. Lavoisier *et al.* nel 1787 [15].

simbolo	numero atomico	peso atomico	raggio atomico/Å	configurazione elettronica	elettronegatività (Pauling)
P	15	30,974	1,80	[Ne]3s ² 3p ³	2,19

CONTENUTI	
crosta terrestre/ppm	1,1×10 ³
oceani/g m ⁻³	0,06
corpo umano (70 kg)	780 g

COMPOSIZIONE ISOTOPICA NATURALE	
A	31
%	100
t _{1/2} /anni	stabile

SPECIE ELEMENTARE

nome	formula	stato di aggregazione	struttura cristallina	temperatura di fusione/C°	temperatura di ebollizione/C°	legame
fosforo bianco	P ₄	solido	α-P ₄ : cP	44	280	cov. mol.
Preparato da Hennig Brand nel 1669 dalle urine						
Molecole tetraedriche (ogni atomo forma tre legami singoli) uguali a quelle del liquido e del gas. E' un solido molto reattivo e tossico; si ossida all'aria emettendo luce (dove il nome) e reagisce con gli alogeni; si infiamma spontaneamente a ~35 °C.						

Altre forme **allotropiche** principali: *fosforo nero*, con struttura polimerica ortorombica (oS) a strati di atomi P ciascuno legato a altri tre atomi e punto di fusione a ~610 °C; *fosforo rosso*, amorfo.

Il fosforo bianco non è in realtà la forma **allotropica** termodinamicamente **stabile**, ma solo quella più comune; quella **stabile** è il fosforo nero. Il fosforo rosso (prodotto dal fosforo bianco per riscaldamento a 270-300 °C) è il meno reattivo e tossico, e per questo trova molte applicazioni.

PROPRIETÀ CHIMICHE GENERALI

♦ P è un non-metallo che si combina con quasi tutti gli altri elementi principalmente negli stati di ossidazione +5, +3, -3, dei quali il primo è il più comune. Negli stati di ossidazione positivi forma numerosi composti con O, S e alogeni. Gli ossidi hanno una struttura tetraedrica P₄ con ponti P-O-P e, eventualmente, gruppi terminali P=O. Gli ossiacidi semplici hanno uno scheletro O=P-OH con P che forma altri due legami con OH e/o H: acido fosforico, triacido, O=P(OH)₃; acido fosfonico, diacido, O=P(H)(OH)₂; acido fosfinico, monoacido, O=P(H)₂(OH). L'acido fosfinico e il suo anione P(H)₂O₂⁻ sono formalmente composti di P^I ma il fosforo forma sempre 5 legami. Vi sono anche molti ossoacidi e **ossoanioni** polinucleari con legami P-O-P o P-P (e.g., acido difosforico (HO)₂(O=P-O-P(=O)(OH)₂); acido ipofosforico (HO)₂(O=P-P(=O)(OH)₂), che possono anche formare lunghe catene od anelli (e.g., (HO)₂(O=P(-O-P(=O)(OH)-O-)_nP(=O)(OH)₂, n ≤ 15).

♦ Si conoscono tutti gli alogenuri PX₃, PX₅ e anche X₂P-PX₂: tutti **idrolizzano** in acqua; PF₅ è molecolare (bipiramide trigonale), PCl₅ è molecolare allo stato gassoso, ma in quello solido è ionico: [PCl₄⁺] [PCl₆⁻]. Numerosi i solfuri di formula generica P₄S_n (n = 3, 4, 5, 7, 9, 10) con strutture simili agli ossidi.

♦ Con H il fosforo forma numerosi composti di tipo P_nH_(n+2), ma solo PH₃ (**fosfina**) è **stabile**; i sali di fosfonio (PH₄⁺) sono in genere instabili, solo PH₄I resiste a temperature superiori a 0 °C. I fosfuri dei metalli hanno formule estremamente variabili (da M₄P a MP₁₅, M = metallo) ed alcuni contengono **cluster** anionici (ioni di Zintl) come P₇³⁻ o P₁₁³⁻; quelli con i metalli più elettropositivi sono semi-ionici.

♦ Il fosforo forma moltissimi composti organofosforo (e.g., P^{III}R₃, P^VR₄⁺, P^V(C₆H₅)₅ con R = radicale organico).

s.o.	specie fondamentali	proprietà acido-base	prop. redox pH = 0	prop. redox pH = 14	alogenuri
+5	P ₄ O ₁₀ H ₃ PO ₄ PO ₄ ³⁻	acido debole	inattivo	inattivo	PX ₅
+3	P ₄ O ₆ H ₃ PO ₃ HPO ₃ ²⁻	acido debole	rid debole	rid medio	PX ₃
+1	H ₃ PO ₂ H ₂ PO ₂ ⁻	acido debole	rid medio	rid forte	---
0	P ₄		rid medio	rid forte	---
-3	PH ₃ PH ₄ ⁺		rid debole	rid forte	---

Altri alogenuri: P₂X₄

minerali usuali e gemme: *turchese* $\{Al_6Cu(OH)_8(PO_4)_4 \cdot 4H_2O\}$, gemma azzurra opaca.

produzione: fosfati: 2×10^{11} kg/anno.

usi: fosforo bianco nelle bombe incendiarie; fosforo rosso sulle scatole dei fiammiferi di sicurezza; fosfati come fertilizzanti e per la fabbricazione di vetri speciali (*e.g.*, quelli delle lampade al sodio); $Na_4P_2O_7$, $K_4P_2O_7$, $Na_5P_3O_{10}$, $K_4P_2O_7$ e polifosfati per eliminare incrostazioni calcaree e, aggiunti ai detersivi, per addolcire acque dure; NaH_2PO_4 o $Na_2H_2P_2O_7$ (con $NaHCO_3$) come lievito artificiale; P_4S_3 nelle capocchie dei fiammiferi comuni; P_4O_{10} come forte disidratante; GaP e InP nei LED. Sali dello ione bisfosfonico, $(O_3P-O-PO_3)^{4-}$, sono usati per la cura di malattie ossee.

^{32}P ($t_{1/2} = 14$ giorni; dec: β) è usato in radioterapia.

importanza biologica: H_3PO_4 è costituente fondamentale di nucleotidi (*e.g.*, ATP), acidi nucleici (DNA e RNA) e altre molecole biologiche; $Ca_3(PO_4)_2$ delle ossa; $Ca_5F(PO_4)_3$ (fluapatite) dello smalto dei denti. Il sistema $H_2PO_4^-/HPO_4^{2-}$ è un tampone di liquidi biologici. I fosfolipidi costituiscono membrane cellulari.

pericolosità: fosforo bianco e PH_3 sono tossici; PCl_3 , PCl_5 e $POCl_3$ irritanti; H_3PO_4 è corrosivo e sequestratore di Ca; i fosfati sono causa di eutrofizzazione; i derivati organici di P sono fortemente tossici.

note e curiosità:

- Il fosforo usato per produrre GaP e InP (LED) deve essere puro al 99,9999%.
- La CocaCola può essere usata come disincrostante per il suo contenuto di acido fosforico.
- Il vecchio nome dell'acido fosfonico era "acido fosforoso"; ora tale nome indica un ipotetico acido $P(OH)_3$ del quale esistono derivati organici di formula $P(OR)_3$; gli anioni dell'acido fosfonico ($H_2PO_3^-$ e HPO_3^{2-}) si chiamano "fosfonati".
- Il vecchio nome dell'acido fosfinico era "acido ipofosforoso"; l'anione di questo acido ($H_2PO_2^-$) si chiama "fosfinato".