

## LA MATERIA

### INTRODUCCIÓN

La **materia** es todo aquello que ocupa un lugar en el espacio. En física y filosofía, materia es el término para referirse a los constituyentes de la realidad material objetiva, entendiendo por objetiva que pueda ser percibida de la misma forma por diversos sujetos. Se considera que es lo que forma la parte sensible de los objetos perceptibles o detectables por medios físicos. Es decir es todo aquello que ocupa un sitio en el espacio, se puede tocar, se puede sentir, se puede medir, etc.



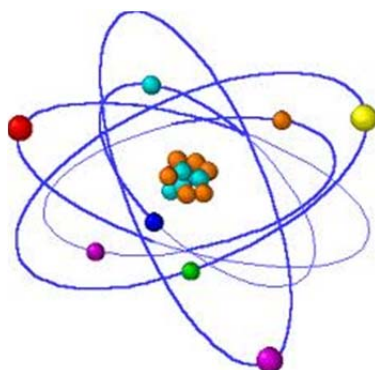
### CONSTITUCIÓN DE LA MATERIA

Las propiedades y el comportamiento de un material son consecuencia de su constitución y su estructura. La constitución está formada por las partículas elementales, átomos y moléculas, así como el modo de estar unidos, llamados enlaces. La estructura de un material se define como la diversas formas que pueden tomar los cristales en los procesos industriales de tratamientos y conformado, como el temple, el revenido, el recocido, la laminación, la fundición, el forjado, etc.

Las **partículas elementales** son los constituyentes elementales de la materia, es decir, son partículas que no están constituidas por partículas más pequeñas ni se conoce que tengan estructura interna, denominados átomos. El átomo está formado por: el neutrón, el electrón, el protón, el positrón, el deuterón, el fotón, los mesones, etc.

Las **partículas compuestas** es una partícula subatómica que está formada por un conjunto de partículas más elementales que forman juntas estado ligado estable. Este concepto es interesante porque las llamadas partículas compuestas a bajas energías o a escalas de distancia grandes comparadas con la

región típica ocupada por las partículas constituyentes pueden ser modelizadas considerablemente bien como si fueran una partícula indivisible.

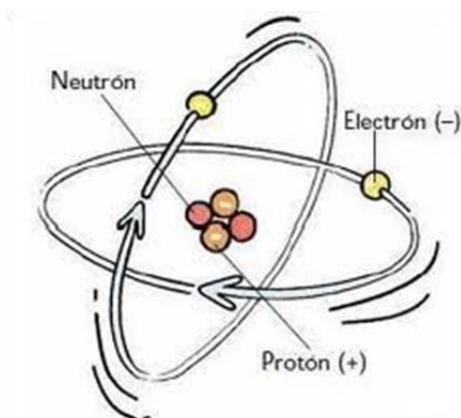


átomo

Las principales características de las partículas elementales son: la carga, la masa y la vida media.

NOMBRE	CARGA	MASA*	VIDA MEDIA
Neutrón	0	1837	15 minutos
Electrón	- e	1	Estable
Protón	+e	1836	Estable
Antiprotón	-e	1836	
Positrón	+e	1	Estable
Antineutrón	0	1837	
Partícula	+2e	7270	Estable

El **átomo** en química y física, es la unidad más pequeña de un elemento químico que mantiene su identidad o sus propiedades y que no es posible dividir mediante procesos químicos.



El **neutrón** es una partícula sin carga eléctrica (pero con momento magnético). Éste junto con los protones, forman los núcleos atómicos. Fuera del núcleo atómico, el neutrón es inestable y tiene una vida media de unos 15 minutos ( $885.7 \pm 0.8$  s), emitiendo un electrón y un antineutrino para convertirse en un protón. Su masa es muy similar a la del protón. El neutrón es necesario para la estabilidad de casi todos los núcleos atómicos (la única excepción es el hidrógeno), ya que interactúa fuertemente atrayéndose con los protones, pero sin repulsión electrostática.

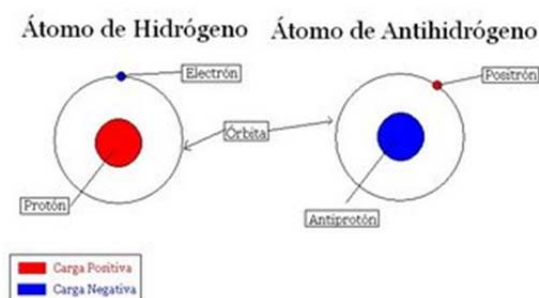
El **electrón** es representado por el símbolo  $e^-$ , es una partícula subatómica con una carga eléctrica elemental negativa. En un átomo los electrones rodean el núcleo, compuesto únicamente de

protones y neutrones. Los electrones tienen una masa pequeña respecto al protón, y su movimiento genera corriente eléctrica, aunque dependiendo del tipo de elemento o compuesto en el que se genere, necesitará más o menos energía para provocar esta corriente eléctrica.

El **protón** es representado por el símbolo  $e^+$ , es una partícula subatómica con una carga eléctrica elemental positiva  $1,602\,176\,487 \times 10^{-19}$  culombios y una masa  $1,672\,621\,637 \times 10^{-27}$  kg (1.836 veces la masa de un electrón). Experimentalmente, se observa el protón como estable, con un límite inferior en su vida media de unos  $10^{35}$  años. El protón y el neutrón, en conjunto, se conocen como nucleones, ya que conforman el núcleo de los átomos.

El **antiprotón** es la antipartícula del protón. Se le conoce también como protón negativo. Se diferencia del protón en que su carga es negativa y en que no forma parte de los núcleos atómicos. El antiprotón es estable en el vacío y no se desintegra espontáneamente. Sin embargo, cuando un antiprotón colisiona con un protón, ambas partículas se transforman en mesones, cuya vida media es muy breve.

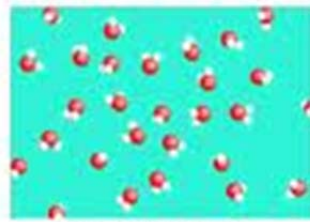
El **positrón** o **antielectrón** es la antipartícula correspondiente al electrón, por lo que posee su misma masa y una carga eléctrica elemental positiva. No forma parte de la materia ordinaria, sino de la antimateria, aunque se producen en numerosos procesos radioquímicos como parte de transformaciones nucleares.



El **antineutrón** es la antipartícula del neutrón. Éste tiene la misma masa que un neutrón y ninguna carga eléctrica neta. El momento magnético del antineutrón es el contrario del neutrón  $+1.91 \mu_N$  para el número de antineutrón pero  $-1.91 \mu_N$  para el neutrón. Aquí el  $\mu_N$  es el magnetón nuclear. Puesto que el antineutrón es eléctricamente neutro, no puede ser fácilmente observado directamente. En cambio, los productos de su aniquilación con la materia ordinaria se observan.

La **partícula** de un cuerpo se define en química como la menor porción de materia de ese cuerpo que conserva sus propiedades químicas. Pueden ser átomos, iones, moléculas o pequeños grupos de las anteriores especies químicas. También se define como la partícula subatómica que constituye la materia, que a su vez puede ser: una partícula elemental o una partícula compuesta.

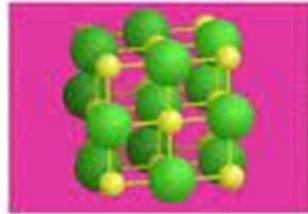
Las **moléculas** en química son las partículas neutras formadas por un conjunto estable de al menos dos átomos enlazados covalentemente. Las moléculas rara vez se encuentran sin interacción entre ellas, salvo en gases enrarecidos. Así, pueden encontrarse en redes cristalinas, como el caso de las moléculas de  $H_2O$  en el hielo o con interacciones intensas pero que cambian rápidamente de direccionalidad, como en el agua líquida. La dinámica molecular es un método de simulación por computadora que utiliza estas fuerzas para tratar de explicar las propiedades de las moléculas.



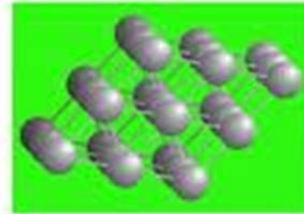
Molécula de agua



Molécula de hierro



Molécula de sal



Molécula de titanio

Un **ión** es una partícula cargada, constituida por un átomo o molécula que no es eléctricamente neutra. Es decir, que a partir de un estado neutro, ha ganado o perdido electrones, y este fenómeno se conoce como ionización. Los iones cargados negativamente, producidos por la ganancia de electrones, se conocen como aniones (que son atraídos por el ánodo y tienen carga eléctrica negativa) y los cargados positivamente, consecuencia de una pérdida de electrones, se conocen como cationes (los que son atraídos por el cátodo y tienen carga eléctrica positiva). Un ion conformado por un solo átomo se denomina ion monoatómico, a diferencia de uno conformado por dos o más átomos, que se denomina ion poliatómico.

La ordenación de los elementos en la tabla periódica está basada en su estructura electrónica, en orden del número de protones o de electrones. El primero en conseguirlo fue Mendelejeef, que ordenó los elementos por su peso atómico.

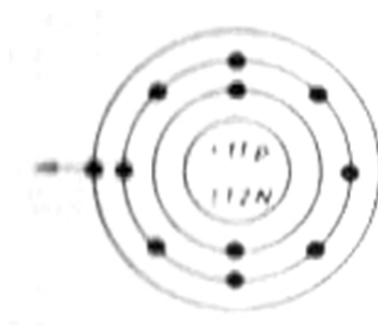


Tabla periódica de los elementos

Grupo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Config.	s <sup>1</sup>	s <sup>2</sup>	d <sup>1</sup>	d <sup>2</sup>	d <sup>3</sup>	d <sup>4</sup>	d <sup>5</sup>	d <sup>6</sup>	d <sup>7</sup>	d <sup>8</sup>	d <sup>9</sup>	d <sup>10</sup>	p <sup>1</sup>	p <sup>2</sup>	p <sup>3</sup>	p <sup>4</sup>	p <sup>5</sup>	p <sup>6</sup>																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																												
Período	no metales																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													
1	1 1,00 hidrógeno	2 4 Helio	3 9 Litio	4 9,01 Berilio	5 23 Mg	6 24,30 Mg	7 26,98 Al	8 28,08 Si	9 30,97 P	10 32,06 S	11 35,45 Cl	12 39,94 Ar	13 40,08 Ca	14 44,96 Sc	15 47,87 Ti	16 50,94 V	17 51,99 Cr	18 54,94 Mn	19 55,84 Fe	20 58,93 Co	21 58,93 Ni	22 58,93 Cu	23 63,54 Zn	24 65,40 Ga	25 69,72 Ge	26 72,64 As	27 74,92 Se	28 78,96 Br	29 83,8 Kr	30 85,46 Rb	31 87,62 Sr	32 88,90 Y	33 89,90 Zr	34 91,22 Nb	35 92,90 Mo	36 95,94 Tc	37 98,90 Ru	38 101,07 Rh	39 102,90 Pd	40 106,42 Ag	41 107,86 Cd	42 112,41 In	43 114,81 Sn	44 118,71 Sb	45 121,76 Te	46 127,60 I	47 126,90 Xe	48 131,29 Cs	49 132,90 Ba	50 137,32 La	51 140,12 Ce	52 140,91 Pr	53 144,24 Nd	54 147,07 Pm	55 150,91 Sm	56 151,96 Eu	57 157,25 Gd	58 158,92 Tb	59 162,50 Dy	60 164,93 Ho	61 167,26 Er	62 168,93 Tm	63 170,48 Yb	64 173,04 Lu	65 175,07 Hf	66 178,49 Ta	67 180,94 W	68 183,84 Re	69 186,21 Os	70 190,23 Ir	71 192,22 Pt	72 195,08 Au	73 197,01 Hg	74 200,59 Tl	75 204,38 Pb	76 207,2 Bi	77 208,98 Po	78 209 At	79 210 Rn	80 210,08 Fr	81 223 Ra	82 226 Ac	83 227 Th	84 232 Pa	85 231 U	86 238 Np	87 237 Pu	88 244 Am	89 243 Cm	90 247 Bk	91 247 Cf	92 251 Es	93 252 Fm	94 257 Md	95 258 No	96 259 Lr	97 262 La	98 262 Ce	99 262 Pr	100 262 Nd	101 262 Pm	102 262 Sm	103 262 Eu	104 262 Gd	105 262 Tb	106 262 Dy	107 262 Ho	108 262 Er	109 262 Tm	110 262 Yb	111 262 Lu	112 262 Hf	113 262 Ta	114 262 W	115 262 Re	116 262 Os	117 262 Ir	118 262 Pt	119 262 Au	120 262 Hg	121 262 Tl	122 262 Pb	123 262 Bi	124 262 Po	125 262 At	126 262 Rn	127 262 Fr	128 262 Ra	129 262 Ac	130 262 Th	131 262 Pa	132 262 U	133 262 Np	134 262 Pu	135 262 Am	136 262 Cm	137 262 Bk	138 262 Cf	139 262 Es	140 262 Fm	141 262 Md	142 262 No	143 262 Lr	144 262 La	145 262 Ce	146 262 Pr	147 262 Nd	148 262 Pm	149 262 Sm	150 262 Eu	151 262 Gd	152 262 Tb	153 262 Dy	154 262 Ho	155 262 Er	156 262 Tm	157 262 Yb	158 262 Lu	159 262 Hf	160 262 Ta	161 262 W	162 262 Re	163 262 Os	164 262 Ir	165 262 Pt	166 262 Au	167 262 Hg	168 262 Tl	169 262 Pb	170 262 Bi	171 262 Po	172 262 At	173 262 Rn	174 262 Fr	175 262 Ra	176 262 Ac	177 262 Th	178 262 Pa	179 262 U	180 262 Np	181 262 Pu	182 262 Am	183 262 Cm	184 262 Bk	185 262 Cf	186 262 Es	187 262 Fm	188 262 Md	189 262 No	190 262 Lr	191 262 La	192 262 Ce	193 262 Pr	194 262 Nd	195 262 Pm	196 262 Sm	197 262 Eu	198 262 Gd	199 262 Tb	200 262 Dy	201 262 Ho	202 262 Er	203 262 Tm	204 262 Yb	205 262 Lu	206 262 Hf	207 262 Ta	208 262 W	209 262 Re	210 262 Os	211 262 Ir	212 262 Pt	213 262 Au	214 262 Hg	215 262 Tl	216 262 Pb	217 262 Bi	218 262 Po	219 262 At	220 262 Rn	221 262 Fr	222 262 Ra	223 262 Ac	224 262 Th	225 262 Pa	226 262 U	227 262 Np	228 262 Pu	229 262 Am	230 262 Cm	231 262 Bk	232 262 Cf	233 262 Es	234 262 Fm	235 262 Md	236 262 No	237 262 Lr	238 262 La	239 262 Ce	240 262 Pr	241 262 Nd	242 262 Pm	243 262 Sm	244 262 Eu	245 262 Gd	246 262 Tb	247 262 Dy	248 262 Ho	249 262 Er	250 262 Tm	251 262 Yb	252 262 Lu	253 262 Hf	254 262 Ta	255 262 W	256 262 Re	257 262 Os	258 262 Ir	259 262 Pt	260 262 Au	261 262 Hg	262 262 Tl	263 262 Pb	264 262 Bi	265 262 Po	266 262 At	267 262 Rn	268 262 Fr	269 262 Ra	270 262 Ac	271 262 Th	272 262 Pa	273 262 U	274 262 Np	275 262 Pu	276 262 Am	277 262 Cm	278 262 Bk	279 262 Cf	280 262 Es	281 262 Fm	282 262 Md	283 262 No	284 262 Lr	285 262 La	286 262 Ce	287 262 Pr	288 262 Nd	289 262 Pm	290 262 Sm	291 262 Eu	292 262 Gd	293 262 Tb	294 262 Dy	295 262 Ho	296 262 Er	297 262 Tm	298 262 Yb	299 262 Lu	300 262 Hf	301 262 Ta	302 262 W	303 262 Re	304 262 Os	305 262 Ir	306 262 Pt	307 262 Au	308 262 Hg	309 262 Tl	310 262 Pb	311 262 Bi	312 262 Po	313 262 At	314 262 Rn	315 262 Fr	316 262 Ra	317 262 Ac	318 262 Th	319 262 Pa	320 262 U	321 262 Np	322 262 Pu	323 262 Am	324 262 Cm	325 262 Bk	326 262 Cf	327 262 Es	328 262 Fm	329 262 Md	330 262 No	331 262 Lr	332 262 La	333 262 Ce	334 262 Pr	335 262 Nd	336 262 Pm	337 262 Sm	338 262 Eu	339 262 Gd	340 262 Tb	341 262 Dy	342 262 Ho	343 262 Er	344 262 Tm	345 262 Yb	346 262 Lu	347 262 Hf	348 262 Ta	349 262 W	350 262 Re	351 262 Os	352 262 Ir	353 262 Pt	354 262 Au	355 262 Hg	356 262 Tl	357 262 Pb	358 262 Bi	359 262 Po	360 262 At	361 262 Rn	362 262 Fr	363 262 Ra	364 262 Ac	365 262 Th	366 262 Pa	367 262 U	368 262 Np	369 262 Pu	370 262 Am	371 262 Cm	372 262 Bk	373 262 Cf	374 262 Es	375 262 Fm	376 262 Md	377 262 No	378 262 Lr	379 262 La	380 262 Ce	381 262 Pr	382 262 Nd	383 262 Pm	384 262 Sm	385 262 Eu	386 262 Gd	387 262 Tb	388 262 Dy	389 262 Ho	390 262 Er	391 262 Tm	392 262 Yb	393 262 Lu	394 262 Hf	395 262 Ta	396 262 W	397 262 Re	398 262 Os	399 262 Ir	400 262 Pt	401 262 Au	402 262 Hg	403 262 Tl	404 262 Pb	405 262 Bi	406 262 Po	407 262 At	408 262 Rn	409 262 Fr	410 262 Ra	411 262 Ac	412 262 Th	413 262 Pa	414 262 U	415 262 Np	416 262 Pu	417 262 Am	418 262 Cm	419 262 Bk	420 262 Cf	421 262 Es	422 262 Fm	423 262 Md	424 262 No	425 262 Lr	426 262 La	427 262 Ce	428 262 Pr	429 262 Nd	430 262 Pm	431 262 Sm	432 262 Eu	433 262 Gd	434 262 Tb	435 262 Dy	436 262 Ho	437 262 Er	438 262 Tm	439 262 Yb	440 262 Lu	441 262 Hf	442 262 Ta	443 262 W	444 262 Re	445 262 Os	446 262 Ir	447 262 Pt	448 262 Au	449 262 Hg	450 262 Tl	451 262 Pb	452 262 Bi	453 262 Po	454 262 At	455 262 Rn	456 262 Fr	457 262 Ra	458 262 Ac	459 262 Th	460 262 Pa	461 262 U	462 262 Np	463 262 Pu	464 262 Am	465 262 Cm	466 262 Bk	467 262 Cf	468 262 Es	469 262 Fm	470 262 Md	471 262 No	472 262 Lr	473 262 La	474 262 Ce	475 262 Pr	476 262 Nd	477 262 Pm	478 262 Sm	479 262 Eu	480 262 Gd	481 262 Tb	482 262 Dy	483 262 Ho	484 262 Er	485 262 Tm	486 262 Yb	487 262 Lu	488 262 Hf	489 262 Ta	490 262 W	491 262 Re	492 262 Os	493 262 Ir	494 262 Pt	495 262 Au	496 262 Hg	497 262 Tl	498 262 Pb	499 262 Bi	500 262 Po	501 262 At	502 262 Rn	503 262 Fr	504 262 Ra	505 262 Ac	506 262 Th	507 262 Pa	508 262 U	509 262 Np	510 262 Pu	511 262 Am	512 262 Cm	513 262 Bk	514 262 Cf	515 262 Es	516 262 Fm	517 262 Md	518 262 No	519 262 Lr	520 262 La	521 262 Ce	522 262 Pr	523 262 Nd	524 262 Pm	525 262 Sm	526 262 Eu	527 262 Gd	528 262 Tb	529 262 Dy	530 262 Ho	531 262 Er	532 262 Tm	533 262 Yb	534 262 Lu	535 262 Hf	536 262 Ta	537 262 W	538 262 Re	539 262 Os	540 262 Ir	541 262 Pt	542 262 Au	543 262 Hg	544 262 Tl	545 262 Pb	546 262 Bi	547 262 Po	548 262 At	549 262 Rn	550 262 Fr	551 262 Ra	552 262 Ac	553 262 Th	554 262 Pa	555 262 U	556 262 Np	557 262 Pu	558 262 Am	559 262 Cm	560 262 Bk	561 262 Cf	562 262 Es	563 262 Fm	564 262 Md	565 262 No	566 262 Lr	567 262 La	568 262 Ce	569 262 Pr	570 262 Nd	571 262 Pm	572 262 Sm	573 262 Eu	574 262 Gd	575 262 Tb	576 262 Dy	577 262 Ho	578 262 Er	579 262 Tm	580 262 Yb	581 262 Lu	582 262 Hf	583 262 Ta	584 262 W	585 262 Re	586 262 Os	587 262 Ir	588 262 Pt	589 262 Au	590 262 Hg	591 262 Tl	592 262 Pb	593 262 Bi	594 262 Po	595 262 At	596 262 Rn	597 262 Fr	598 262 Ra	599 262 Ac	600 262 Th	601 262 Pa	602 262 U	603 262 Np	604 262 Pu	605 262 Am	606 262 Cm	607 262 Bk	608 262 Cf	609 262 Es	610 262 Fm	611 262 Md	612 262 No	613 262 Lr	614 262 La	615 262 Ce	616 262 Pr	617 262 Nd	618 262 Pm	619 262 Sm	620 262 Eu	621 262 Gd	622 262 Tb	623 262 Dy	624 262 Ho	625 262 Er	626 262 Tm	627 262 Yb	628 262 Lu	629 262 Hf	630 262 Ta	631 262 W	632 262 Re	633 262 Os	634 262 Ir	635 262 Pt	636 262 Au	637 262 Hg	638 262 Tl	639 262 Pb	640 262 Bi	641 262 Po	642 262 At	643 262 Rn	644 262 Fr	645 262 Ra	646 262 Ac	647 262 Th	648 262 Pa	649 262 U	650 262 Np	651 262 Pu	652 262 Am	653 262 Cm	654 262 Bk	655 262 Cf	656 262 Es	657 262 Fm	658 262 Md	659 262 No	660 262 Lr	661 262 La	662 262 Ce	663 262 Pr	664 262 Nd	665 262 Pm	666 262 Sm	667 262 Eu	668 262 Gd	669 262 Tb	670 262 Dy	671 262 Ho	672 262 Er	673 262 Tm	674 262 Yb	675 262 Lu	676 262 Hf	677 262 Ta	678 262 W	679 262 Re	680 262 Os	681 262 Ir	682 262 Pt	683 262 Au	684 262 Hg	685 262 Tl	686 262 Pb	687 262 Bi	688 262 Po	689 262 At	690 262 Rn	691 262 Fr	692 262 Ra	693 262 Ac	694 262 Th	695 262 Pa	696 262 U	697 262 Np	698 262 Pu	699 262 Am	700 262 Cm	701 262 Bk	702 262 Cf	703 262 Es	704 262 Fm	705 262 Md	706 262 No	707 262 Lr	708 262 La	709 262 Ce	710 262 Pr	711 262 Nd	712 262 Pm	713 262 Sm	714 262 Eu	715 262 Gd	716 262 Tb	717 262 Dy	718

Las propiedades físicas y químicas de los elementos van en función del número atómico, no de la masa atómica. Las líneas horizontales se denominan períodos y las líneas verticales grupos. Se llama sistema periódico porque las propiedades químicas se repiten periódicamente (en las columnas verticales); las columnas o grupos verticales tienen una estructura electrónica exterior similar, de ahí que sus propiedades químicas y físicas sean semejantes. Los gases nobles son inertes (no reaccionan con ningún elemento), el último nivel de estos gases tiene ocho electrones y se considera completo. Cualquier otro elemento el número máximo de electrones que puede tener en el último nivel es de ocho.

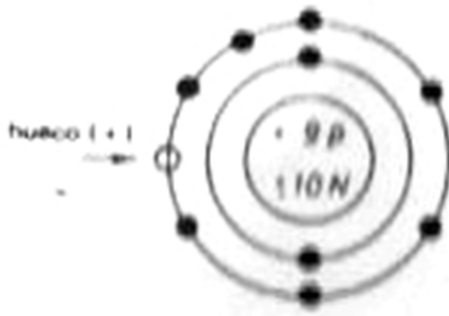
Los **metales** son elementos con tendencia a ceder electrones, son buenos conductores de la electricidad y del calor, poseen alta densidad, y son sólidos en temperaturas normales (excepto el mercurio). Se llaman positivos porque fácilmente pueden ceder electrones y quedan con exceso de cargas positivas. Los más positivos son los del grupo **I A**, llamados alcalinos. El átomo de sodio por tener en la última capa un solo electrón, le será más fácil cederlo que captar siete.



Los **metales alcalinos** son aquellos que están situados en el grupo **I A** de la tabla periódica (excepto el Hidrógeno que es un gas). Todos tienen un solo electrón en su nivel energético más externo, con tendencia a perderlo (esto es debido a que tienen poca afinidad electrónica, y baja energía de ionización), con lo que forman un ion monopositivo,  $M^+$ .

Los **metales alcalinotérreos** son un grupo de elementos que se encuentran situados en el grupo **II** de la tabla periódica y son los siguientes: berilio (Be), magnesio (Mg), calcio (Ca), estroncio (Sr), bario (Ba) y radio (Ra). Este último no siempre se considera, pues tiene un tiempo de vida media corto.

Los **metaloides** o **no metales** son elementos con tendencia a captar electrones y son malos conductores de la electricidad y del calor. Se llaman negativos porque fácilmente pueden adquirir electrones (cargas negativas), siendo los más negativos los del grupo **VII B**, llamados halógenos que son muy activos químicamente y en el último nivel poseen siete electrones. El átomo de flúor por tener en la última capa o nivel siete electrones, le será más fácil captar un electrón para completar los ocho, que ceder los siete.



Los **metales pesados** son un grupo de elementos químicos que presentan una densidad relativamente alta y cierta toxicidad para los seres humanos. Muchos de los metales que tienen una densidad alta no son especialmente tóxicos y algunos son elementos esenciales en el ser humano,

independientemente de que a determinadas concentraciones puedan ser tóxicos en alguna de sus formas. Los metales pesados tóxicos más conocidos son el mercurio (Hg), el plomo (Pb), el cadmio (Cd) y el talio (Tl).

Los **lantánidos** y los **actínidos** son llamados elementos de transición interna. El nombre procede del elemento químico actinio, que suele incluirse dentro de este grupo, dando un total de 15 elementos, desde el de número atómico 89 (el actinio) al 103 (laurencio). Estos elementos presentan características parecidas entre sí. Los de mayor número atómico, no se encuentran en la naturaleza y tienen tiempos de vida media cortos; todos sus isótopos son radiactivos.

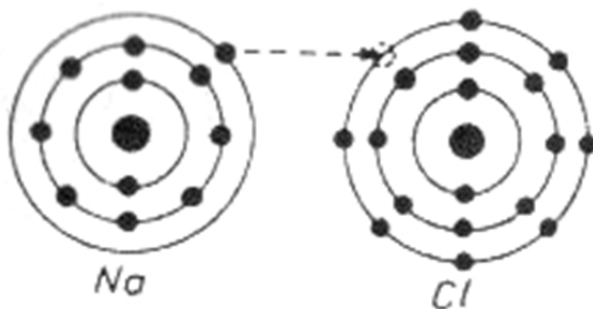
Los **gases nobles** son un grupo de elementos químicos con propiedades muy similares, bajo condiciones normales, son gases monoatómicos inodoros, incoloros y presentan una reactividad química muy baja. Se sitúan en el grupo **VIII A** de la tabla periódica (llamado anteriormente grupo 0). Los seis gases nobles que se encuentran en la naturaleza son helio (He), neón (Ne), argón (Ar), kriptón (Kr), xenón (Xe) y el radioactivo radón (Rn).

## TIPOS DE ENLACES

Se denomina **enlace** a la manera en que se unen los átomos entre sí, de esta fuerza de unión del enlace, viene dada la resistencia y dureza de un cuerpo; por ejemplo: el acero es duro y resistente debido a que las fuerzas de unión entre sus átomos son grandes.

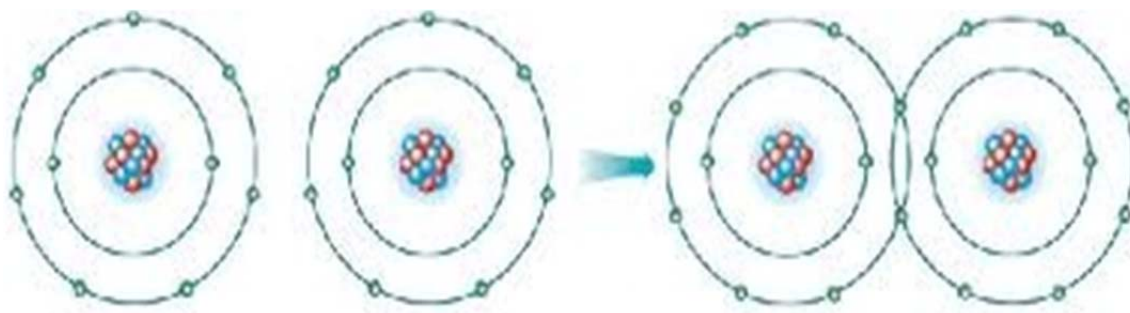
Los tipos de enlaces más destacados son: el **enlace iónico**, el **enlace covalente** y el **enlace metálico**.

**Enlace iónico** es el más sencillo y fácil de razonar, formándose con iones de distinta carga. Este tipo de enlace se establece entre átomos de elementos poco electronegativos con los de elementos muy electronegativos. Para que esto se produzca es necesario que uno de los elementos pueda ganar electrones y el otro perderlos. Este tipo de enlace se suele producir entre un no metal (electronegativo) y un metal (electropositivo). Las fuerzas de atracción entre los iones de signo contrario son electrostáticas (fuerzas de enlace). El sodio (**Na**) cede un electrón, quedando éste ionizado positivamente (**Na<sup>+</sup>**), y el cloro (**Cl**) capta el electrón cedido por el sodio, quedando éste ionizado negativamente (**Cl<sup>-</sup>**); los iones cargados con distinto signo se atraen por las fuerzas eléctricas.



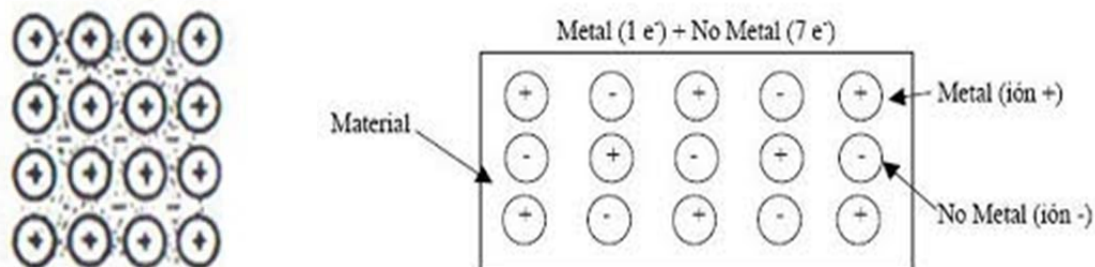
**Enlace covalente** se produce cuando se unen químicamente elementos que no son metálicos. En este tipo de enlaces no hay transferencia completa de electrones desde un átomo a otro, pero sí una penetración mutua de las órbitas de los electrones de la última capa, compartiendo un par de electrones que quedan formando una nube electrónica común. La unión con enlace covalente es muy íntima y fuerte, proporcionan fuerzas de atractivas intensas entre los átomos que une. La dureza del diamante se debe al enlace covalente entre los átomos de carbono.





**Enlace metálico** es cuando participa el enlace iónico y covalente, sus electrones de valencia están muy sueltos y tienen libertad relativa para desplazarse en los átomos. Si los átomos no están excitados exteriormente, mediante carga eléctrica o calorífica, dichos electrones se mantienen oscilando en sus posiciones de equilibrio. Es un enlace químico que mantiene unidos los átomos de los metales entre sí. Estos átomos se agrupan de forma muy cercana unos a otros, lo que produce estructuras muy compactas. Se trata de redes tridimensionales que adquieren la estructura típica de empaquetamiento compacto de esferas. En este tipo de estructura cada átomo metálico está rodeado por otros doce átomos (seis en el mismo plano, tres por encima y tres por debajo).

Debido a la baja electronegatividad que poseen los metales, los electrones de valencia son extraídos de sus orbitales y tienen la capacidad de moverse libremente a través del compuesto metálico, lo que otorga a éste las propiedades eléctricas y térmicas. Este enlace sólo puede presentarse en sustancias en estado sólido. Los electrones libres, al igual que las moléculas gaseosas, se mueven por la red cristalina, formando una nube electrónica común, que une a todos los iones positivos. El brillo característico de los metales se debe a esa nube de electrones libres. La luz y el calor pueden provocar una emisión de electrones en los metales, sin alteración de los mismos.



Los elementos situados a la derecha de la tabla periódica (no metales) consiguen dicha configuración por la captura de electrones. Los elementos situados a la izquierda y el centro de la tabla (metales), la consiguen por pérdida de electrones. De esta forma la combinación de un metal con un metaloide (no metal) se hace por enlace iónico, pero la combinación de no metales entre sí no puede tener lugar mediante este proceso de transferencia de electrones.

Es posible también la formación de enlaces múltiples, es decir, la compartición de más de un par de electrones por una pareja de átomos. En estos casos, el par compartido es aportado por sólo uno de los átomos, formándose entonces un enlace denominado coordinado o dativo. Se han encontrado compuestos covalentes en donde no se cumple la regla. Esto hace que actualmente se piense que lo característico del enlace covalente es la formación de pares electrónicos compartidos independientemente de su número.

## **ISOMORFISMO**

En mineralogía y química se llama **isomorfismo** el fenómeno por el que dos sustancias distintas, por el hecho de presentar la misma estructura, distribución de átomos y dimensiones en sus moléculas,



son capaces de formar conjuntamente una sola red cristalina (los minerales cristalizan con la misma forma geométrica, aunque su composición química sea diferente).

También hay isomorfismo en algunos minerales de interés económico, como la pirargirita, mena de plata, o el coltán, que es una mezcla isomorfa de columbita, que contiene niobio, y tantalita, que en la posición equivalente contiene tantalio.

## **POLIMORFISMO**

En la naturaleza se originan dos o más minerales con idéntica composición química pero con diferente simetría, son los llamados minerales polimorfos. El carbono puede cristalizar en el sistema cúbico (diamante) y en el hexagonal (grafito), el carbonato de calcio en el sistema hexagonal (calcita) y en el sistema rómbico (aragonito), etc.

## **ALOTROPÍA**

Las propiedades **alotrópicas** se presentan en elementos que tienen una misma composición, pero aspectos diferentes, ésta es la propiedad que debe observarse en el mismo estado de agregación de la materia y es característico del estado sólido.

Alotropía en química es la propiedad que poseen determinados elementos químicos de presentarse bajo estructuras moleculares diferentes, como el oxígeno, que puede presentarse como oxígeno atmosférico ( $O_2$ ) y como ozono ( $O_3$ ), o con características físicas distintas, como el fósforo, que se presenta como fósforo rojo y fósforo blanco ( $P_4$ ), o el carbono, que lo hace como grafito, diamante y fullereno. Para que a un elemento se le pueda denominar como alótropo, sus diferentes estructuras moleculares deben presentarse en el mismo estado físico.

El diamante y el grafito, por ser dos sustancias simples diferentes, sólidas, constituidas por átomos de carbono reciben la denominación de **variedades alotrópicas** del elemento carbono.

## **ESTADO CRISTALINO**

Los **cristales** son sólidos cristalinos se caracterizan por poseer una periodicidad perfecta en su estructura atómica y que cuyas partículas constituyentes (átomos, moléculas o iones) se ordenan conforme a un patrón que se repite en las tres direcciones del espacio. Se distinguen tres tipos de cristales según el tipo de enlace químico que se establece entre las partículas. Se representan mediante fórmulas empíricas, que indican la proporción de los diferentes átomos que forman el compuesto (el cloruro de sodio NaCl, significa que hay un átomo de cloro por cada átomo de sodio).

El **estado cristalino** es el paso de líquido a sólido de algunos cuerpos y se hace bruscamente, en determinadas condiciones de presión y temperatura. En la química se consideran sustancias sólidas solamente las cristalinas. El otro estado es el del vítreo, que destaca por una solidificación progresiva, que da lugar a una estructura amorfa. Los cristales se producen al solidificarse la sustancia, sus átomos se agrupan ordenadamente originando formas poliédricas. Cada sustancia cristaliza en una forma característica que permite su identificación. En el estado vítreo los átomos se agrupan desordenadamente.



cristal de cuarzo

En el estado cristalino podemos distinguir las **sustancias cristalinas**, la característica fundamental es que los átomos, iones, moléculas o conjunto de moléculas, se unen ocupando posiciones geométricas en el espacio. Cada sustancia tiene una posición geométrica diferente, llamada cristal o red cristalina.

Las **redes cristalinas** corresponden a una disposición de puntos en el espacio con la propiedad de tener simetría traslacional. Esto quiere decir que cada punto de la red se puede obtener de otro punto mediante una traslación. Las redes cristalinas se pueden racionalizar introduciendo el concepto de celda unitaria, la cual es un paralelepípedo que por traslación de sí mismo genera completamente la red cristalina.

Muchas de las propiedades de los sólidos pueden ser explicadas a partir de un estudio de su estructura, es decir, de la forma en que se distribuyen los átomos en el cristal y de los tipos de enlace interatómicos. Los electrones son elementales en los enlaces de los átomos en el cristal. La conclusión es que las fuerzas que mantienen unidos a los cristales son exclusivamente de naturaleza eléctrica

Las estructuras y propiedades de los cristales, como punto de fusión, densidad y dureza están determinadas por el tipo de fuerzas que mantienen unidas a las partículas. Se clasifican en: **iónico**, **covalente** y **metálico**.

Los **cristales iónicos** tienen dos características importantes: están formados de enlaces cargadas y los aniones y cationes suelen ser de distinto tamaño; son duros y a la vez quebradizos. La fuerza que los mantiene unidos es electrostática ( $\text{KCl}$ ,  $\text{CsCl}$ ,  $\text{ZnS}$  y  $\text{CF}_2$ ). La mayoría de los cristales iónicos tiene puntos de ebullición altos, lo cual refleja la gran fuerza de cohesión que mantiene juntos a los iones. Su estabilidad depende en parte de su energía reticular; cuanto mayor sea esta energía, más estable será el compuesto (el cristal de un reloj).

El cristal está formado por iones positivos y negativos unidos entre sí mediante fuerzas de naturaleza electrostática. Hay que decir que este tipo de cristal son malos conductores del calor y de la electricidad ya que carecen de electrones libres. Pero cuando el cristal es sometido a una temperatura elevada los iones adquieren movilidad y aumenta su conductividad eléctrica.

Cuando los átomos de un metal y un no metal se encuentran, el primero cede electrones al segundo, como resultado, el metal se convierte en catión y el no metal se convierte en anión, es decir, dos iones con cargas eléctricas opuestas que, en consecuencia, se atraen entre sí mediante fuerzas de atracción electrostática. Este tipo de enlace químico se conoce como enlace iónico.

Los átomos de ciertos elementos consiguen completar su última capa electrónica mediante la pérdida o ganancia de electrones:

- Los elementos con pocos electrones en su última capa (como los metales), pueden perderlos fácilmente. El resultado es un ión (átomo con carga eléctrica neta distinta de 0) con cargas positivas de más: un catión.
- Los elementos a los que le faltan pocos electrones para completar su última capa electrónica (como los no metales), tiene facilidad para atraer electrones hasta completarla. el resultado es un ión con exceso de cargas negativas: un anión.

Esta atracción no se limita a un solo ion, sino que cada uno se rodea del máximo número de iones de carga opuesta que pueden rodear a un ion en particular posible. El resultado es un cristal iónico con las siguientes propiedades:

- Sólidos a temperatura ambiente.
- Puntos de fusión y ebullición elevados.
- No conducen la corriente eléctrica en estado sólido, pero si lo hacen en disolución.

Los **cristales covalentes** se mantienen sus átomos unidos en una red tridimensional únicamente por enlaces covalentes (el grafito y el diamante, alótropos del carbono). Éste tipo de cristal son extremadamente duros y difíciles de deformar, y son malos conductores del calor y por lo tanto de la electricidad (ya que sabemos que el calor y la conductividad tienen una relación directa) ya que no existen electrones libres que trasladen energía de un punto a otro.

Debido a sus enlaces covalentes fuertes en tres dimensiones, el diamante presenta una dureza particular y un elevado punto de fusión (el cuarzo  $\text{SiO}_2$ ). La distribución de los átomos de silicio en el cuarzo es semejante a la del carbono en el diamante, pero en el cuarzo hay un átomo de oxígeno entre cada par de átomos de Si. Estos cristales generalmente no tienen una distribución de carga homogénea en los espacios intersticiales como los metales, cuyas funciones de onda son descritas como ondas planas entre los iones. Es más común que presenten distribuciones de electrones localizadas en ciertas regiones preferenciales lo que permite formar lo que comúnmente se denomina como enlaces. La densidad de carga intersticial es la característica principal de este tipo de cristales y es lo que los diferencia de algunos otros tipos de cristales.

Los **cristales metálicos** por lo regular tienen una estructura cúbica centrada en el cuerpo o en las caras, también pueden ser hexagonales de empaquetamiento compacto, por lo que suelen ser muy densos. Suelen ser deformables y opacos. Sus propiedades normalmente suelen ser blandos, pero varían de acuerdo a la especie y van desde blandos a duros y de puntos de fusión bajos a altos, pero todos en general son buenos conductores de calor y electricidad.

La estructura de los cristales metálicos es más simple porque cada punto reticular del cristal está ocupado por un átomo del mismo metal. Los materiales metálicos pueden estar constituidos por elementos metálicos puros o combinaciones de ellos (aleaciones), pero también pueden contener pequeñas proporciones de elementos no metálicos. Generalmente los cristales metálicos suelen ser:

- Resistentes, aunque deformables, lo que los convierte en excelentes candidatos para las aplicaciones estructurales.
- Son buenos conductores del calor y de la electricidad debido a sus electrones libres.
- Son opacos a la luz visible y sus superficies pulidas son altamente reflectantes (brillo metálico).
- Algunos de ellos tienen interesantes propiedades magnéticas (imanes permanentes, núcleos de transformadores, etc.).
- Son maleables (obtención de delgadas láminas de material sin que éste se rompa) y **dúctiles** (pueden estirarse sin romperse permitiendo obtener alambres o hilos), en mayor o menor grado, ya que es posible mover una capa de átomos sobre otra.

La estructura de los cristales metálicos es más simple porque cada punto reticular del cristal está ocupado por un átomo del mismo metal. La tendencia a la cristalización de los materiales metálicos es muy elevada, por lo que en general su estructura atómica es ordenada. Sólo si se someten a velocidades

de enfriamiento muy severas puede invertirse esta tendencia y obtenerse un metal amorfo. Se caracterizan por tener pocos electrones débilmente ligados a sus capas más externas, estando cargados positivamente.

## **SISTEMAS DE CRISTALIZACIÓN**

La operación de cristalización es aquella por medio de la cual se separa un componente de una solución líquida transfiriéndolo a la fase sólida en forma de cristales que precipitan. Es una operación necesaria para todo producto químico que se presenta comercialmente en forma de polvos o cristales, ya sea el azúcar o sacarosa, la sal común o cloruro de sodio. En la cadena de operaciones unitarias de los procesos de fabricación se ubica después de la evaporación y antes de la operación de secado de los cristales y envasado.

Para poder ser transferido a la fase sólida (cristalizar), un soluto cualquiera debe eliminar su calor latente o entalpía de fusión, por lo que el estado cristalino además de ser el más puro, es el de menor nivel energético de los tres estados físicos de la materia, en el que las moléculas permanecen inmóviles unas respecto a otras, formando estructuras en el espacio, con la misma geometría, sin importar la dimensión del cristal.

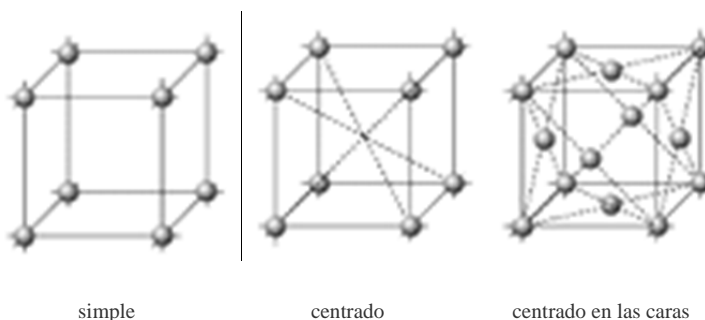
### **Tipo de cristales**

Un cristal puede ser definido como un sólido compuesto de átomos arreglados en orden, en un modelo de tipo repetitivo. La distancia interatómica en un cristal de cualquier material definido es constante y es una característica del material. Debido a que el patrón o arreglo de los átomos es repetido en todas direcciones, existen restricciones definidas en el tipo de simetría que el cristal posee.

La forma geométrica de los cristales es una de las características de cada sal pura o compuesto químico, por lo que la ciencia que estudia los cristales en general, la cristalografía, los ha clasificado en siete sistemas universales de cristalización:

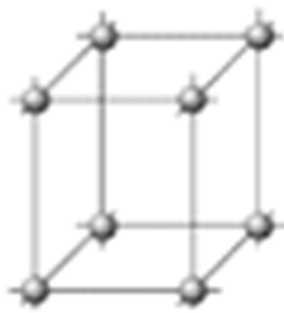
### **Sistema Cúbico**

Es el proceso de cristalización más utilizado como técnica de purificación de sustancias sólidas. Se basa en el hecho de que la mayoría de los sólidos son más solubles en un determinado disolvente en caliente que en frío. Las sustancias que cristalizan bajo este sistema forman cristales de forma cúbica, los cuales se pueden definir como cuerpos en el espacio que manifiestan tres ejes en ángulo recto, con segmentos, lánices ó aristas de igual magnitud, que forman seis caras o lados del cubo. A esta familia pertenecen los cristales de oro, plata, diamante, cloruro de sodio, etc.

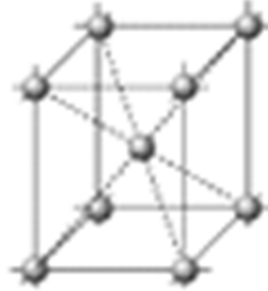


### **Sistema Tetragonal**

Estos cristales forman cuerpos con tres ejes en el espacio en ángulo recto, con dos de sus segmentos de igual magnitud, hexaedros con cuatro caras iguales, representados por los cristales de óxido de estaño.



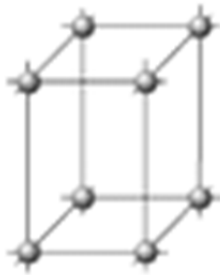
simple



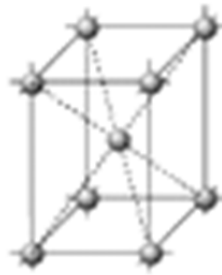
centrado

### Sistema Ortorrómbico

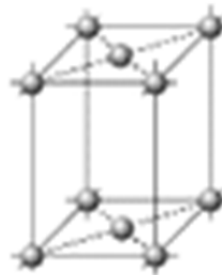
Presentan tres ejes en ángulo recto pero ninguno de sus lados o segmentos son iguales, formando hexaedros con tres pares de caras iguales pero diferentes entre par y par, representados por los cristales de azufre, nitrato de potasio, sulfato de bario, etc.



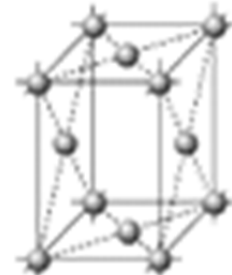
simple



centrado



bases centradas



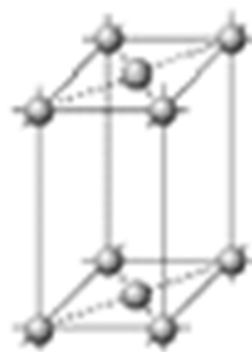
bases y caras centradas

### Sistema Monoclínico

Presentan tres ejes en el espacio, pero sólo dos en ángulo recto, con ningún segmento igual, como es el caso del bórax y de la sacarosa.



simple

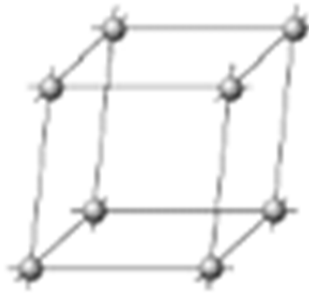


caras centradas

### Sistema Triclínico



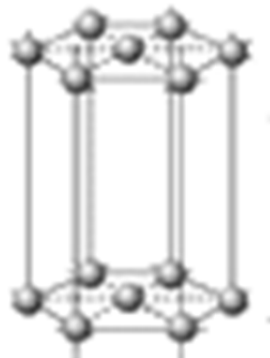
Presentan tres ejes en el espacio, ninguno en ángulo recto, con ningún segmento igual, formando cristales ahusados como agujas, como es el caso de la cafeína.



triclínico

### Sistema Hexagonal

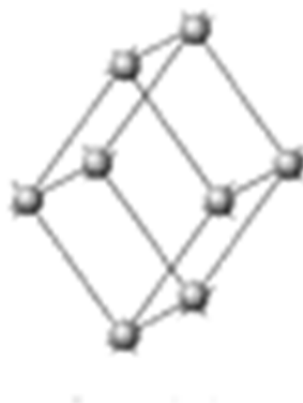
Presentan cuatro ejes en el espacio, tres de los cuales son coplanares en ángulo de  $60^\circ$ , formando un hexágono bencénico y el cuarto en ángulo recto, como son los cristales de zinc, cuarzo, magnesio, cadmio, etc.



hexagonal

### Sistema Romboédrico

Presentan tres ejes de similar ángulo entre sí, pero ninguno es recto, y segmentos iguales, como son los cristales de arsénico, bismuto y carbonato de calcio y mármol.



## ESTADO METÁLICO

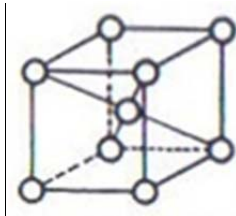
Los metales poseen cualidades especiales que son la base de los procesos industriales. Las principales características macroscópicas de los metales son:

- Tienen un brillo que los caracteriza cuando sus superficies están pulidas.
- Normalmente el color de los metales es blanco, gris o grisáceo, el oro que es amarillo y el cobre que es rojo.
- Son opacos, aunque pueden ser traslúcidos cuando se presentan en láminas muy finas.
- Unas de las cualidades más importantes de los metales es la ductilidad y la maleabilidad, ya que permite conformarlos sin que se rompan.
- Son buenos conductores térmicos y eléctricos (a  $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$  aprox. su conductividad eléctrica es máxima).
- Los puntos de fusión son muy variados (a  $3000\text{ }^{\circ}\text{C}$  funde el wolframio y el osmio, el mercurio a  $-39,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).
- Sus densidades son muy variadas (la del osmio 24,48 y la del litio 0,53).

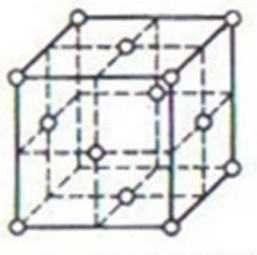
Los elementos metálicos sin combinar forman redes cristalinas con elevado índice de coordinación. Debido a las fuerzas del enlace metálico, los átomos se agrupan para formar redes o mallas cristalinas. Sin embargo, cuando el número de electrones de valencia de cualquier átomo metálico es pequeño, en todo caso inferior al número de átomos que rodean a uno dado, por lo que no es posible suponer el establecimiento de tantos enlaces covalentes.

Hay tres tipos de **red cristalina metálica** más importantes, que son: **red cúbica centrada en el cuerpo (c. c.)**, **red cúbica de caras centradas (c. c. c.)** y **red hexagonal**.

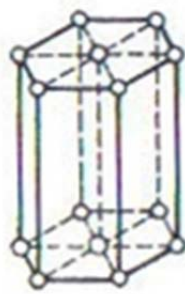
En la **red cúbica centrada en el cuerpo (c. c.)**, los átomos ocupan los vértices del cubo y el centro del mismo. Los metales que cristalizan con este tipo de red son: Li, Na, K, Ba, Ti, V, Cr, Mo, Fe y W.



En la **red cúbica de caras centradas (c. c. c.)**, los átomos se colocan en los vértices del cubo y en el centro de las caras del mismo. Los metales que cristalizan con este tipo de red son: Ca, Al, Fe, Co, Ni, Pt, Cu, Ag, Au y Pb.

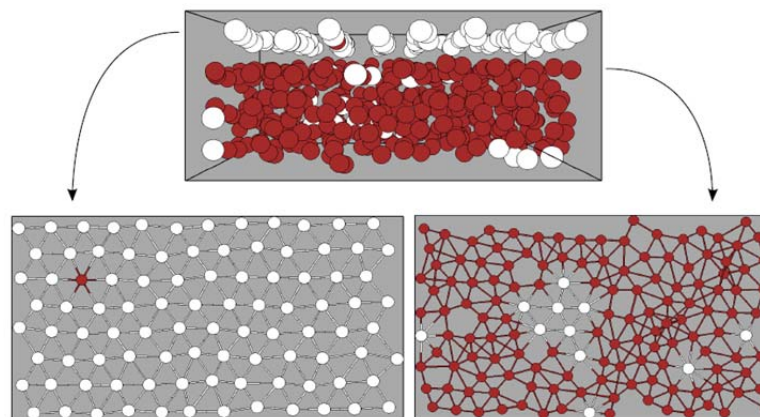


En la **red hexagonal**, los átomos ocupan los vértices del prisma hexagonal y el centro de las bases del mismo. Los metales que cristalizan con este tipo de red son: Be, Mg, Zn, Ti, Co y Zr.



La **cristalización de los metales y aleaciones** se realiza por un proceso de solidificación. En los metales y aleaciones, calentados considerablemente por encima de su punto de fusión, los átomos se agrupan a azar, de modo irregular y son portadores de elevada energía y movimiento. A medida que el líquido se enfría y se acerca al punto de solidificación, la energía de algunos átomos puede haber disminuido y con ello su movilidad dentro de la masa, de tal forma que pueden ocupar, respecto a los otros, una posición más orientada, lo que se asemeja a su disposición en el metal sólido.

Una vez alcanzada la temperatura de solidificación, estos grupos aislados de átomos pueden haber quedado ya orientados y enlazados como el cristal elemental, adquiriendo una estructura rígida de orientación los unos respecto a los otros. Los átomos vecinos pueden, una vez perdida la energía térmica necesaria, irse agregando al cristal elemental formado, formando nuevos cristales elementales unidos y comenzar dentro de la masa líquida a formar redes cristalinas en crecimiento. Estos cristales en crecimiento, cuando alcanzan cierto tamaño se convierten en núcleos de cristalización, y a su alrededor comienzan a tejerse la red cristalina, a medida que más y más átomos van perdiendo energía con el enfriamiento.



secciones en planta del lugar señalado

La **solidificación de los metales puros** se hace a temperatura constante, pero en determinadas condiciones, se puede producir un fenómeno denominado subfusión, es decir, se mantiene toda la masa líquida por debajo de la temperatura del punto de fusión. El estado de subfusión es inestable y con cualquier agitación se solidifica, toda la masa desprendiendo calor.

Al pasar toda la masa de un metal líquido al estado sólido con un enfriamiento uniforme, por debajo del punto de solidificación del metal, la red cristalina se va formando a partir de un núcleo central alargado sobre el que van apareciendo otros núcleos en planos perpendiculares, denominados dendritas. El crecimiento de dendritas influye de manera importante sobre las propiedades que posee el material resultante. Si el metal se enfría lentamente, la nucleación de nuevos cristales es menor que a grandes subenfriamientos. Las dendritas producidas serán de mayores dimensiones. Por el contrario, un ciclo de enfriamiento rápido con un gran subenfriamiento aumentará la cantidad de núcleos y por lo tanto reducir el tamaño de las dendritas que se produzcan (y a menudo producen granos de menores dimensiones).



dendritas



muestra de dendritas en metal

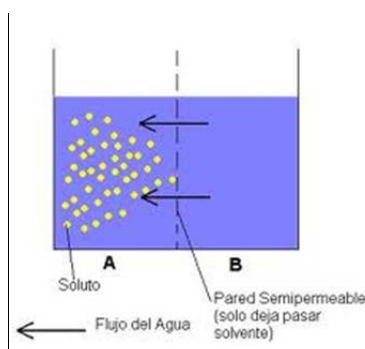
## DISOLVENTE Y SOLUTO

Un **disolvente** o **solvente** es una sustancia que es capaz de destruir la agregación de las moléculas de un cuerpo soluble. Una acepción más amplia de la palabra es aquel componente que se halla en mayor proporción en una mezcla homogénea. Es el medio dispersante de la disolución. Normalmente, el disolvente establece el estado físico de la disolución, por lo que se dice que el disolvente es el componente de una disolución que está en el mismo estado físico que la misma. Usualmente, también es el componente que se encuentra en mayor proporción.

Los disolventes forman parte de múltiples aplicaciones: adhesivos, componentes en las pinturas, productos farmacéuticos, para la elaboración de materiales sintéticos, etc. El agua es habitualmente denominada el disolvente universal por la gran cantidad de sustancias sobre las que puede actuar como disolvente.

Un **soluto** es la sustancia minoritaria (aunque existen excepciones) en una disolución, esta sustancia se encuentra disuelta en un determinado disolvente. En lenguaje común también se le conoce como la sustancia que se disuelve, por lo que se puede encontrar en un estado de agregación diferente al comienzo del proceso de disolución.

Las moléculas de disolvente ejercen su acción al interaccionar con las de soluto y rodearlas. Se conoce como solvatación. Solutos polares serán disueltos por disolventes polares al establecerse interacciones electrostáticas entre los dipolos. Los solutos apolares disuelven las sustancias apolares por interacciones entre dipolos inducidos.



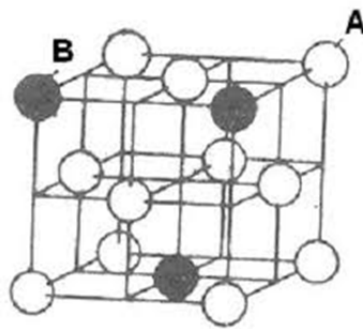
## SOLUCIONES SÓLIDAS

Las aleaciones metálicas son soluciones sólidas entre dos o más elementos. Tal mezcla es considerada una solución en lugar de un compuesto siempre que la estructura cristalina del disolvente permanezca sin cambios al ser sustituidos sus átomos por los átomos de los solutos y además la mezcla permanezca homogénea. Dentro de las soluciones sólidas, diferenciamos: **solución por sustitución** y **solución por inserción**.

La **solución por sustitución** se origina cuando los átomos del disolvente y soluto tienen una red cristalina similar y éstos últimos sustituyen en algunos nudos a los átomos de disolvente en la red

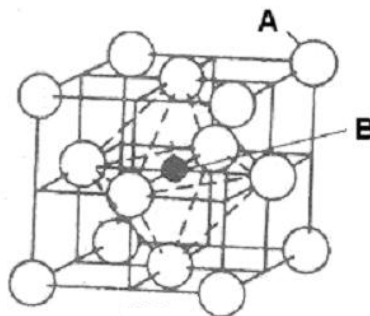
cristalina. Para que exista solubilidad total en estado sólido, se tienen que cumplir las siguientes condiciones:

- Los diámetros atómicos de los materiales no deben diferir en más de un 15%.
- Ambos metales deben tener la misma valencia para que el número de electrones cedidos por un átomo de cada uno de ellos a la nube electrónica sea el mismo.
- No tienen que ser totalmente solubles en estado sólido.
- Ambos metales han de cristalizar en el mismo sistema. (Si cristalizaran en distinto tipo de red podría haber algo de solubilidad de uno en otro, pero sólo hasta una determinada proporción de átomos, a este límite se le denomina límite de saturación).
- Electronegatividad: las electronegatividades de los átomos del soluto y del solvente tienen que ser lo más parecidas posibles, mientras más parecido sean mayor es la probabilidad de formar la disolución sólida total. Luego cuanto más cerca se encuentren en la tabla periódica, es decir, menor afinidad química, mayor tendencia a formar solución sólida.



solución sólida por sustitución de cobre y níquel

La **solución por inserción** se origina cuando el átomo del soluto es muy pequeño y se sitúa en el interior del cristal del disolvente. Se forman cuando los átomos de soluto se insertan en los huecos o intersticios existentes en la red cristalina del disolvente. Se dan cuando la diferencia de tamaños entre los átomos de disolvente y soluto es muy grande. El elemento que suele actuar de soluto son no metales de pequeño tamaño, como: C, H, N, O.



ferrita y austenita

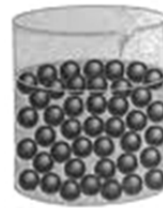
La fase de una solución sólida es una o cada una de las porciones físicamente homogéneas de un sistema, puede ser: **sólida, líquida y gaseosa**.

La **fase sólida** se define como uno de los cuatro estados de agregación de la materia, se caracteriza porque opone resistencia a cambios de forma y de volumen.





Se conoce como **fase líquida** al un estado de agregación de la materia en forma de fluido altamente incompresible (lo que significa que su volumen es, muy aproximadamente, constante en condiciones de temperatura y presión moderadas).



La **fase gaseosa** es el estado de agregación de la materia que no tiene forma ni volumen propio. Su principal composición son moléculas no unidas, expandidas y con poca fuerza de atracción, haciendo que no tengan volumen y forma definida, provocando que este se expanda para ocupar todo el volumen del recipiente que la contiene, con respecto a los gases, las fuerzas gravitatorias y de atracción entre partículas, resultan insignificantes.



Se conoce como **regla de las fases**, a un sistema heterogéneo en equilibrio, el número de fases **F** más los grados de libertad **L** es igual al número de componentes **C** más **2**.

$$F + L = C + 2$$

Los **grados de libertad** se definen como el número de condiciones, presión, temperatura, concentración, etc., que pueden modificarse libremente.

Dedicado a: Juan Tomás Luna Cubero.