

Insegnamento **BIOCHIMICA e CHIMICA (40 ore, 4 CFU)**

Docente: Eleonora Marsich

email: emarsich@units.it

tel: 040 558 8733

Dipartimento Scienze della Vita, via Giorgieri 5, ed.Q, primo piano

Testo consigliato:



CHIMICA e BIOCHIMICA per le lauree triennali dell'area biomedica
M.Samaja- R.Paroni



Principi di chimica generale e organica
E.Santaniello, M.Alberghina, M. Coletta,
F. Malatesta, S.Marini.
Ed. Piccin

Modalità d'esame: Prova scritta della durata di due ore, con 2 esercizi di chimica generale e 3 quesiti aperti (1 di chimica e 2 di biochimica)

C.I. SCIENZE BIOMEDICHE DI BASE (025ME)

A.A. 2023/2024

[Torna all'elenco insegnamenti](#)

	TAF*	CFU	ORE	PERIODO	DOCENTI
BIOLOGIA APPLICATA AGLI STUDI BIOMEDICI {025ME-3 - [PDS0-2017 - Ord. 2017] comune - Anno Corso [object Object]}	Base	2	20	Primo semestre	Collavin Licio
GENETICA MEDICA {025ME-1 - [PDS0-2017 - Ord. 2017] comune - Anno Corso [object Object]}	Base	2	20	Primo semestre	Spedicati Beatrice
CHIMICA E BIOCHIMICA {025ME-2 - [PDS0-2017 - Ord. 2017] comune - Anno Corso [object Object]}	Base	4	40	Primo semestre	Marsich Eleonora

Il voto dell'esame verrà registrato sul libretto elettronico al superamento delle tre prove d'esame e calcolato come media pesata

Appelli d'esame

Sessione esami invernale: dal 15 gennaio 2024 al 29 febbraio 2024 (2 prove)

Sessione esami facoltativa: dal 2 al 5 aprile 2024 (1 prova)

Sessione esami estiva: dal 10 giugno 2024 al 2 agosto 2024 (2 prove)

Sessione esami autunnale: dal 2 settembre 2024 al 30 settembre 2024 (1 prova)

Sessione esami straordinaria: dal 13 gennaio 2025 al 28 febbraio 2025 (2 prove)

Per OFA in chimica

Obbligo di frequentare 4 ore di lezione aggiuntive a fine corso
(facoltative per gli altri studenti senza OFA)

In caso di moduli totalmente o parzialmente riconosciuti da carriere accademiche precedenti, si chiede di comunicarlo al coordinatore di insegnamento che ne terrà conto al momento della registrazione del voto del corso integrato

LA CHIMICA

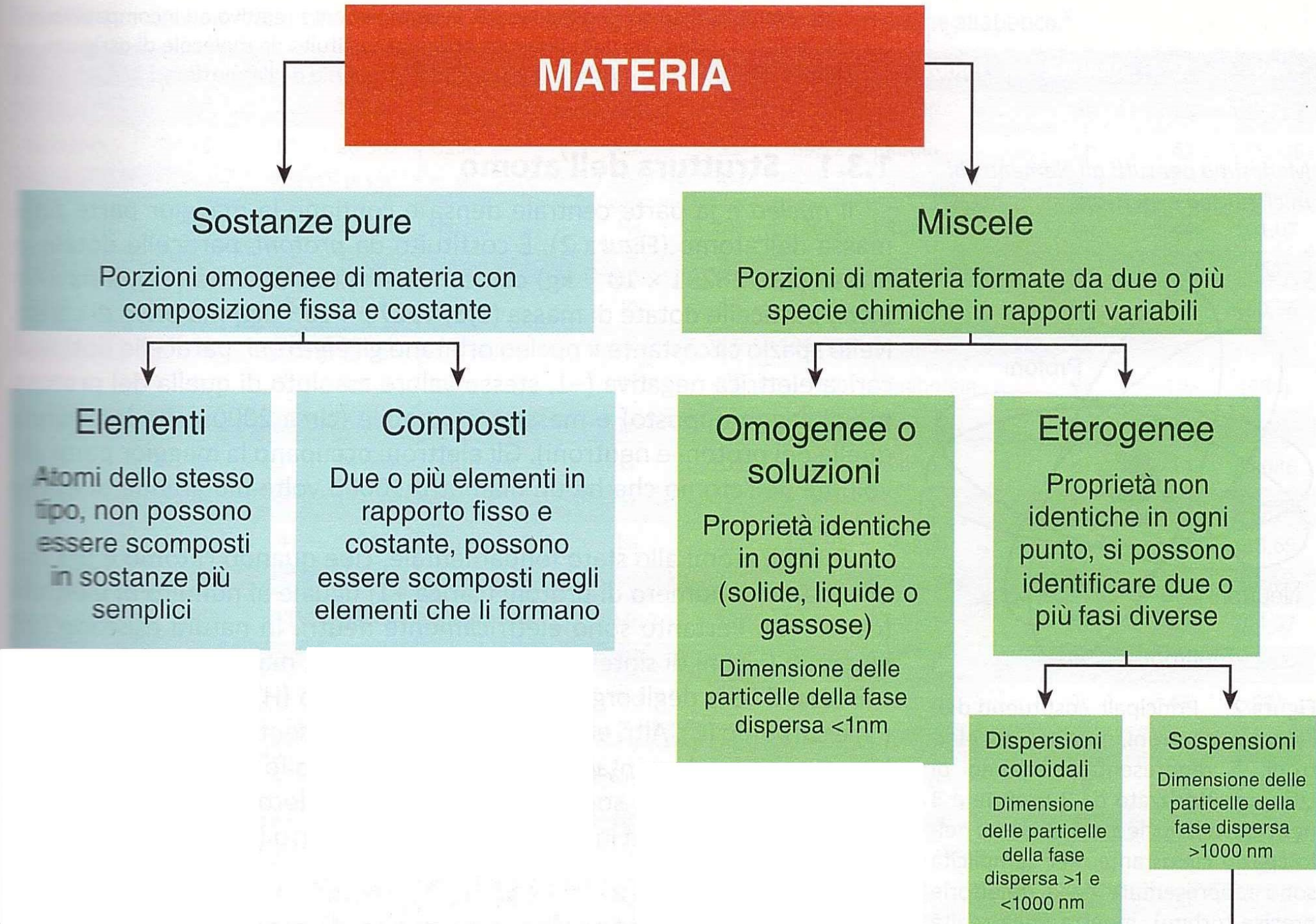
- Studia la struttura, le proprietà e le trasformazioni di tutta la materia che ci circonda e di cui siamo fatti.



Proprietà fisiche: comportamento della materia a seguito di sollecitazione fisica, con cambiamento dell'energia del sistema ma NON nella natura e composizione della materia

Proprietà chimiche: comportamento nei confronti di altre sostanze con cui può interagire, reagire chimicamente per produrre cambiamenti nella natura e composizione della materia

MATERIA



```
graph TD;
    A[MATERIA] --> B[Sostanze pure];
    A --> C[Miscele];
    B --> D[Elementi];
    B --> E[Composti];
    C --> F[Omogenee o soluzioni];
    C --> G[Eterogenee];
    G --> H[Dispersioni colloidali];
    G --> I[Sospensioni];
```

The diagram is a hierarchical flowchart classifying matter. At the top is a red box labeled 'MATERIA'. Two arrows point down from it to 'Sostanze pure' (light blue box) and 'Miscele' (green box). 'Sostanze pure' is defined as 'Porzioni omogenee di materia con composizione fissa e costante' and branches into 'Elementi' and 'Composti'. 'Miscele' is defined as 'Porzioni di materia formate da due o più specie chimiche in rapporti variabili' and branches into 'Omogenee o soluzioni' and 'Eterogenee'. 'Omogenee o soluzioni' are defined as having identical properties everywhere and a dispersed phase particle size < 1 nm. 'Eterogenee' have non-identical properties and can be further divided into 'Dispersioni colloidali' (particle size > 1 nm and < 1000 nm) and 'Sospensioni' (particle size > 1000 nm).

Sostanze pure

Porzioni omogenee di materia con composizione fissa e costante

Elementi

Atomi dello stesso tipo, non possono essere scomposti in sostanze più semplici

Composti

Due o più elementi in rapporto fisso e costante, possono essere scomposti negli elementi che li formano

Miscele

Porzioni di materia formate da due o più specie chimiche in rapporti variabili

Omogenee o soluzioni

Proprietà identiche in ogni punto (solide, liquide o gassose)

Dimensione delle particelle della fase dispersa < 1 nm

Eterogenee

Proprietà non identiche in ogni punto, si possono identificare due o più fasi diverse

Dispersioni colloidali

Dimensione delle particelle della fase dispersa > 1 e < 1000 nm

Sospensioni

Dimensione delle particelle della fase dispersa > 1000 nm

Periodic Table of the Elements



1 H Hydrogen																	2 He Helium																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
3 Li Lithium	4 Be Beryllium																	19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
11 Na Sodium	12 Mg Magnesium																	37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
19 K Potassium	20 Ca Calcium	21 Sc Scandium	22 Ti Titanium	23 V Vanadium	24 Cr Chromium	25 Mn Manganese	26 Fe Iron	27 Co Cobalt	28 Ni Nickel	29 Cu Copper	30 Zn Zinc	31 Ga Gallium	32 Ge Germanium	33 As Arsenic	34 Se Selenium	35 Br Bromine	36 Kr Krypton	37 Rb Rubidium	38 Sr Strontium	39 Y Yttrium	40 Zr Zirconium	41 Nb Niobium	42 Mo Molybdenum	43 Tc Technetium	44 Ru Ruthenium	45 Rh Rhodium	46 Pd Palladium	47 Ag Silver	48 Cd Cadmium	49 In Indium	50 Sn Tin	51 Sb Antimony	52 Te Tellurium	53 I Iodine	54 Xe Xenon																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			
55 Cs Cesium	56 Ba Barium	57 La Lanthanum	58 Ce Cerium	59 Pr Praseodymium	60 Nd Neodymium	61 Pm Promethium	62 Sm Samarium	63 Eu Europium	64 Gd Gadolinium	65 Tb Terbium	66 Dy Dysprosium	67 Ho Holmium	68 Er Erbium	69 Tm Thulium	70 Yb Ytterbium	71 Lu Lutetium	72 Hf Hafnium	73 Ta Tantalum	74 W Tungsten	75 Re Rhenium	76 Os Osmium	77 Ir Iridium	78 Pt Platinum	79 Au Gold	80 Hg Mercury	81 Tl Thallium	82 Pb Lead	83 Bi Bismuth	84 Po Polonium	85 At Astatine	86 Rn Radon	87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac Actinium	90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
87 Fr Francium	88 Ra Radium	89 Ac Actinium	90 Th Thorium	91 Pa Protactinium	92 U Uranium	93 Np Neptunium	94 Pu Plutonium	95 Am Americium	96 Cm Curium	97 Bk Berkelium	98 Cf Californium	99 Es Einsteinium	100 Fm Fermium	101 Md Mendelevium	102 No Nobelium	103 Lr Lawrencium	104 Rf Rutherfordium	105 Db Dubnium	106 Sg Seaborgium	107 Bh Bohrium	108 Hs Hassium	109 Mt Meitnerium	110 Ds Darmstadtium	111 Rg Roentgenium	112 Cn Copernicium	113 (113)	114 (114)	115 (115)	116 (116)	117 (117)	118 (118)	119 (119)	120 (120)	121 (121)	122 (122)	123 (123)	124 (124)	125 (125)	126 (126)	127 (127)	128 (128)	129 (129)	130 (130)	131 (131)	132 (132)	133 (133)	134 (134)	135 (135)	136 (136)	137 (137)	138 (138)	139 (139)	140 (140)	141 (141)	142 (142)	143 (143)	144 (144)	145 (145)	146 (146)	147 (147)	148 (148)	149 (149)	150 (150)	151 (151)	152 (152)	153 (153)	154 (154)	155 (155)	156 (156)	157 (157)	158 (158)	159 (159)	160 (160)	161 (161)	162 (162)	163 (163)	164 (164)	165 (165)	166 (166)	167 (167)	168 (168)	169 (169)	170 (170)	171 (171)	172 (172)	173 (173)	174 (174)	175 (175)	176 (176)	177 (177)	178 (178)	179 (179)	180 (180)	181 (181)	182 (182)	183 (183)	184 (184)	185 (185)	186 (186)	187 (187)	188 (188)	189 (189)	190 (190)	191 (191)	192 (192)	193 (193)	194 (194)	195 (195)	196 (196)	197 (197)	198 (198)	199 (199)	200 (200)	201 (201)	202 (202)	203 (203)	204 (204)	205 (205)	206 (206)	207 (207)	208 (208)	209 (209)	210 (210)	211 (211)	212 (212)	213 (213)	214 (214)	215 (215)	216 (216)	217 (217)	218 (218)	219 (219)	220 (220)	221 (221)	222 (222)	223 (223)	224 (224)	225 (225)	226 (226)	227 (227)	228 (228)	229 (229)	230 (230)	231 (231)	232 (232)	233 (233)	234 (234)	235 (235)	236 (236)	237 (237)	238 (238)	239 (239)	240 (240)	241 (241)	242 (242)	243 (243)	244 (244)	245 (245)	246 (246)	247 (247)	248 (248)	249 (249)	250 (250)	251 (251)	252 (252)	253 (253)	254 (254)	255 (255)	256 (256)	257 (257)	258 (258)	259 (259)	260 (260)	261 (261)	262 (262)	263 (263)	264 (264)	265 (265)	266 (266)	267 (267)	268 (268)	269 (269)	270 (270)	271 (271)	272 (272)	273 (273)	274 (274)	275 (275)	276 (276)	277 (277)	278 (278)	279 (279)	280 (280)	281 (281)	282 (282)	283 (283)	284 (284)	285 (285)	286 (286)	287 (287)	288 (288)	289 (289)	290 (290)	291 (291)	292 (292)	293 (293)	294 (294)	295 (295)	296 (296)	297 (297)	298 (298)	299 (299)	300 (300)	301 (301)	302 (302)	303 (303)	304 (304)	305 (305)	306 (306)	307 (307)	308 (308)	309 (309)	310 (310)	311 (311)	312 (312)	313 (313)	314 (314)	315 (315)	316 (316)	317 (317)	318 (318)	319 (319)	320 (320)	321 (321)	322 (322)	323 (323)	324 (324)	325 (325)	326 (326)	327 (327)	328 (328)	329 (329)	330 (330)	331 (331)	332 (332)	333 (333)	334 (334)	335 (335)	336 (336)	337 (337)	338 (338)	339 (339)	340 (340)	341 (341)	342 (342)	343 (343)	344 (344)	345 (345)	346 (346)	347 (347)	348 (348)	349 (349)	350 (350)	351 (351)	352 (352)	353 (353)	354 (354)	355 (355)	356 (356)	357 (357)	358 (358)	359 (359)	360 (360)	361 (361)	362 (362)	363 (363)	364 (364)	365 (365)	366 (366)	367 (367)	368 (368)	369 (369)	370 (370)	371 (371)	372 (372)	373 (373)	374 (374)	375 (375)	376 (376)	377 (377)	378 (378)	379 (379)	380 (380)	381 (381)	382 (382)	383 (383)	384 (384)	385 (385)	386 (386)	387 (387)	388 (388)	389 (389)	390 (390)	391 (391)	392 (392)	393 (393)	394 (394)	395 (395)	396 (396)	397 (397)	398 (398)	399 (399)	400 (400)	401 (401)	402 (402)	403 (403)	404 (404)	405 (405)	406 (406)	407 (407)	408 (408)	409 (409)	410 (410)	411 (411)	412 (412)	413 (413)	414 (414)	415 (415)	416 (416)	417 (417)	418 (418)	419 (419)	420 (420)	421 (421)	422 (422)	423 (423)	424 (424)	425 (425)	426 (426)	427 (427)	428 (428)	429 (429)	430 (430)	431 (431)	432 (432)	433 (433)	434 (434)	435 (435)	436 (436)	437 (437)	438 (438)	439 (439)	440 (440)	441 (441)	442 (442)	443 (443)	444 (444)	445 (445)	446 (446)	447 (447)	448 (448)	449 (449)	450 (450)	451 (451)	452 (452)	453 (453)	454 (454)	455 (455)	456 (456)	457 (457)	458 (458)	459 (459)	460 (460)	461 (461)	462 (462)	463 (463)	464 (464)	465 (465)	466 (466)	467 (467)	468 (468)	469 (469)	470 (470)	471 (471)	472 (472)	473 (473)	474 (474)	475 (475)	476 (476)	477 (477)	478 (478)	479 (479)	480 (480)	481 (481)	482 (482)	483 (483)	484 (484)	485 (485)	486 (486)	487 (487)	488 (488)	489 (489)	490 (490)	491 (491)	492 (492)	493 (493)	494 (494)	495 (495)	496 (496)	497 (497)	498 (498)	499 (499)	500 (500)	501 (501)	502 (502)	503 (503)	504 (504)	505 (505)	506 (506)	507 (507)	508 (508)	509 (509)	510 (510)	511 (511)	512 (512)	513 (513)	514 (514)	515 (515)	516 (516)	517 (517)	518 (518)	519 (519)	520 (520)	521 (521)	522 (522)	523 (523)	524 (524)	525 (525)	526 (526)	527 (527)	528 (528)	529 (529)	530 (530)	531 (531)	532 (532)	533 (533)	534 (534)	535 (535)	536 (536)	537 (537)	538 (538)	539 (539)	540 (540)	541 (541)	542 (542)	543 (543)	544 (544)	545 (545)	546 (546)	547 (547)	548 (548)	549 (549)	550 (550)	551 (551)	552 (552)	553 (553)	554 (554)	555 (555)	556 (556)	557 (557)	558 (558)	559 (559)	560 (560)	561 (561)	562 (562)	563 (563)	564 (564)	565 (565)	566 (566)	567 (567)	568 (568)	569 (569)	570 (570)	571 (571)	572 (572)	573 (573)	574 (574)	575 (575)	576 (576)	577 (577)	578 (578)	579 (579)	580 (580)	581 (581)	582 (582)	583 (583)	584 (584)	585 (585)	586 (586)	587 (587)	588 (588)	589 (589)	590 (590)	591 (591)	592 (592)	593 (593)	594 (594)	595 (595)	596 (596)	597 (597)	598 (598)	599 (599)	600 (600)	601 (601)	602 (602)	603 (603)	604 (604)	605 (605)	606 (606)	607 (607)	608 (608)	609 (609)	610 (610)	611 (611)	612 (612)	613 (613)	614 (614)	615 (615)	616 (616)	617 (617)	618 (618)	619 (619)	620 (620)	621 (621)	622 (622)	623 (623)	624 (624)	625 (625)	626 (626)	627 (627)	628 (628)	629 (629)	630 (630)	631 (631)	632 (632)	633 (633)	634 (634)	635 (635)	636 (636)	637 (637)	638 (638)	639 (639)	640 (640)	641 (641)	642 (642)	643 (643)	644 (644)	645 (645)	646 (646)	647 (647)	648 (648)	649 (649)	650 (650)	651 (651)	652 (652)	653 (653)	654 (654)	655 (655)	656 (656)	657 (657)	658 (658)	659 (659)	660 (660)	661 (661)	662 (662)	663 (663)	664 (664)	665 (665)	666 (666)	667 (667)	668 (668)	669 (669)	670 (670)	671 (671)	672 (672)	673 (673)	674 (674)	675 (675)	676 (676)	677 (677)	678 (678)	679 (679)	680 (680)	681 (681)	682 (682)	683 (683)	684 (684)	685 (685)	686 (686)	687 (687)	688 (688)	689 (689)	690 (690)	691 (691)	692 (692)	693 (693)	694 (694)	695 (695)	696 (696)	697 (697)	698 (698)	699 (699)	700 (700)	701 (701)	702 (702)	703 (703)	704 (704)	705 (705)	706 (706)	707 (707)	708 (708)	709 (709)	710 (710)	711 (711)	712 (712)	713 (713)	714 (714)	715 (715)	716 (716)	717 (717)	718 (718)	719 (719)	720 (720)	721 (721)	722 (722)	723 (723)	724 (724)	725 (725)	726 (726)	727 (727)	728 (728)	729 (729)	730 (730)	731 (731)	732 (732)	733 (733)	734 (734)	735 (735)	736 (736)	737 (737)	738 (738)	739 (739)	740 (740)	741 (741)	742 (742)	743 (743)	744 (744)	745 (745)	746 (746)	747 (747)	748 (748)	749 (749)	750 (750)	751 (751)	752 (752)	753 (753)	754 (754)	755 (755)	756 (756)	757 (757)	758 (758)	759 (759)	760 (760)	761 (761)	762 (762)	763 (763)	764 (764)	765 (765)	766 (766)	767 (767)	768 (768)	769 (769)	770 (770)	771 (771)	772 (772)	773 (773)	774 (774)	775 (775)	776 (776)	777 (777)	778 (778)	779 (779)	780 (780)	781 (781)	782 (782)	783 (783)	784 (784)	785 (785)	786 (786)	787 (787)	788 (788)	789 (789)	790 (790)	791 (791)	792 (792)	793 (793)	794 (794)	795 (795)	796 (796)	797 (797)	798 (798)	799 (799)	800 (800)	801 (801)	802 (802)	803 (803)	804 (804)	805 (805)	806 (806)	807 (807)	808 (808)	809 (809)	810 (810)	811 (811)	812 (812)	813 (813)	814 (814)	815 (815)	816 (816)	817 (817)	818 (818)	819 (819)	820 (820)	821 (821)	822 (822)	823 (823)	824 (824)	825 (825)	826 (826)	827 (827)	828 (828)	829 (829

92 elementi naturali, a cui si vanno ad aggiungere 26 elementi sintetici

Elementi

- Ogni elemento ha un nome e un simbolo (una o due lettere, la prima maiuscola).

Oro



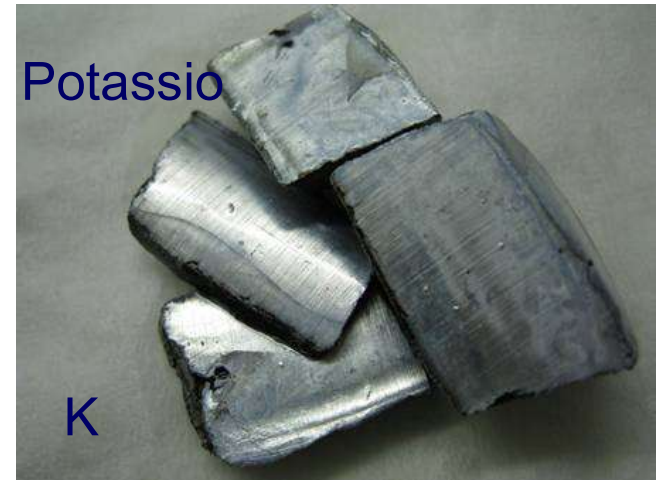
Au

Carbonio



C

Potassio

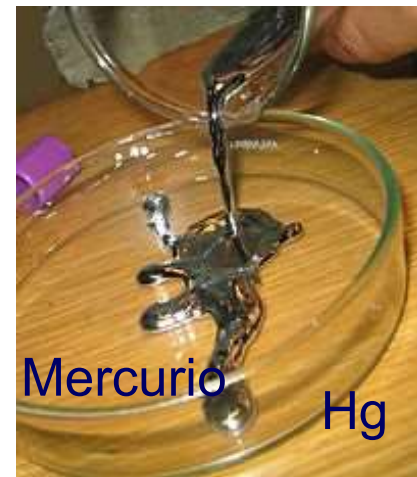


K

Alluminio



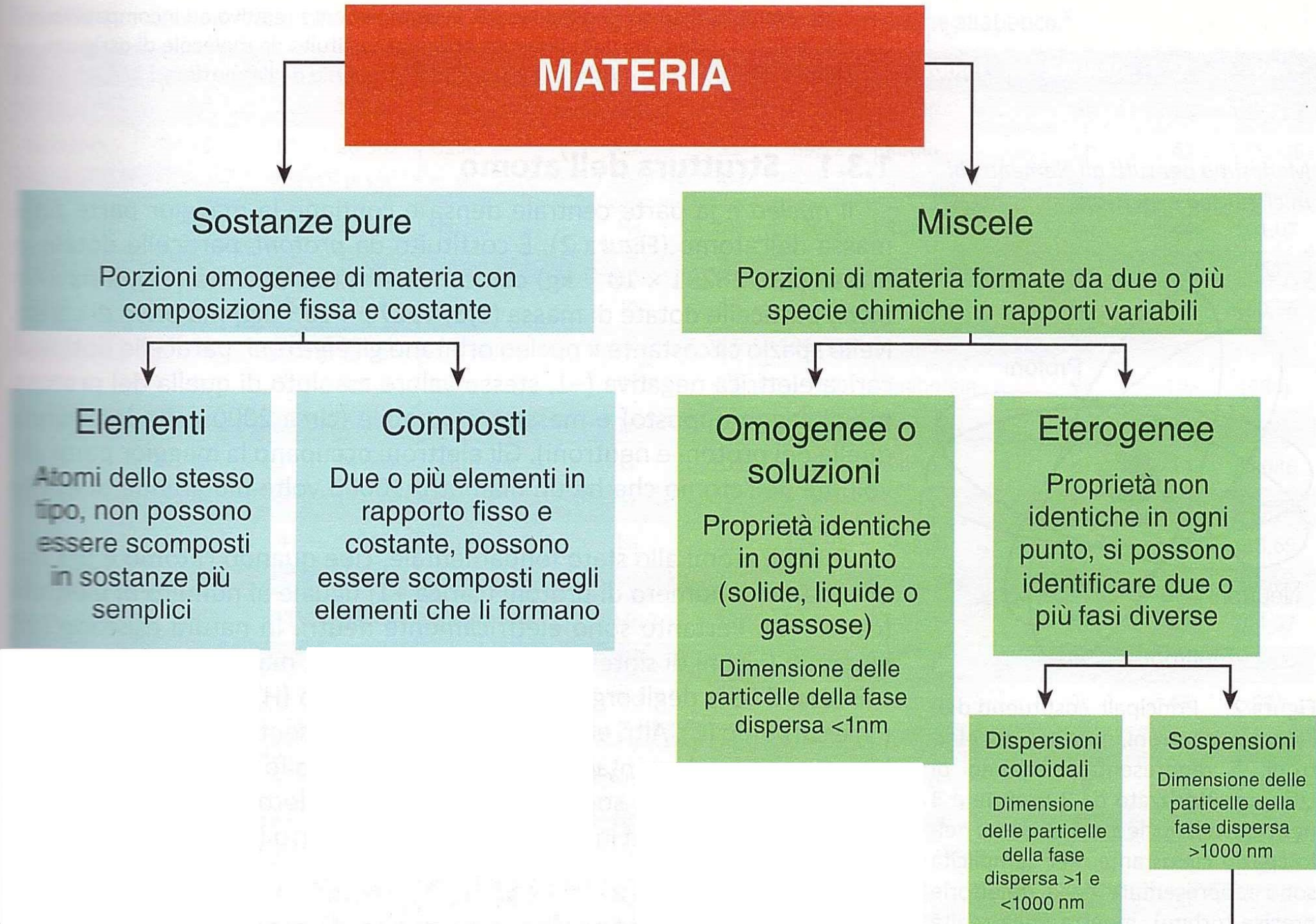
Al



Mercurio

Hg

MATERIA



```
graph TD;
    A[MATERIA] --> B[Sostanze pure];
    A --> C[Miscele];
    B --> D[Elementi];
    B --> E[Composti];
    C --> F[Omogenee o soluzioni];
    C --> G[Eterogenee];
    G --> H[Dispersioni colloidali];
    G --> I[Sospensioni];
```

The diagram is a hierarchical flowchart classifying matter. At the top is a red box labeled 'MATERIA'. Two arrows point down from it to 'Sostanze pure' (light blue box) and 'Miscele' (green box). 'Sostanze pure' is defined as 'Porzioni omogenee di materia con composizione fissa e costante' and branches into 'Elementi' and 'Composti'. 'Miscele' is defined as 'Porzioni di materia formate da due o più specie chimiche in rapporti variabili' and branches into 'Omogenee o soluzioni' and 'Eterogenee'. 'Omogenee o soluzioni' are defined as having identical properties everywhere and a dispersed phase particle size < 1 nm. 'Eterogenee' have non-identical properties and can be further divided into 'Dispersioni colloidali' (particle size > 1 nm and < 1000 nm) and 'Sospensioni' (particle size > 1000 nm).

Sostanze pure

Porzioni omogenee di materia con composizione fissa e costante

Elementi

Atomi dello stesso tipo, non possono essere scomposti in sostanze più semplici

Composti

Due o più elementi in rapporto fisso e costante, possono essere scomposti negli elementi che li formano

Miscele

Porzioni di materia formate da due o più specie chimiche in rapporti variabili

Omogenee o soluzioni

Proprietà identiche in ogni punto (solide, liquide o gassose)

Dimensione delle particelle della fase dispersa < 1 nm

Eterogenee

Proprietà non identiche in ogni punto, si possono identificare due o più fasi diverse

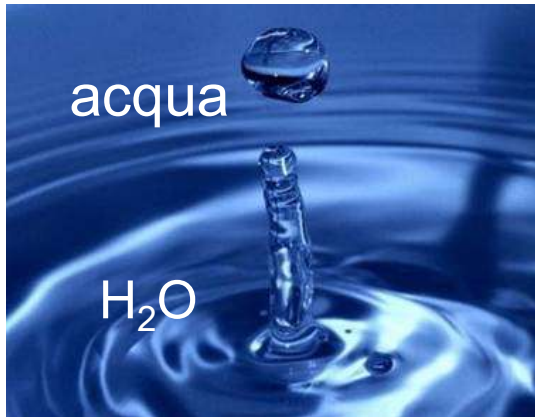
Dispersioni colloidali

Dimensione delle particelle della fase dispersa > 1 e < 1000 nm

Sospensioni

Dimensione delle particelle della fase dispersa > 1000 nm

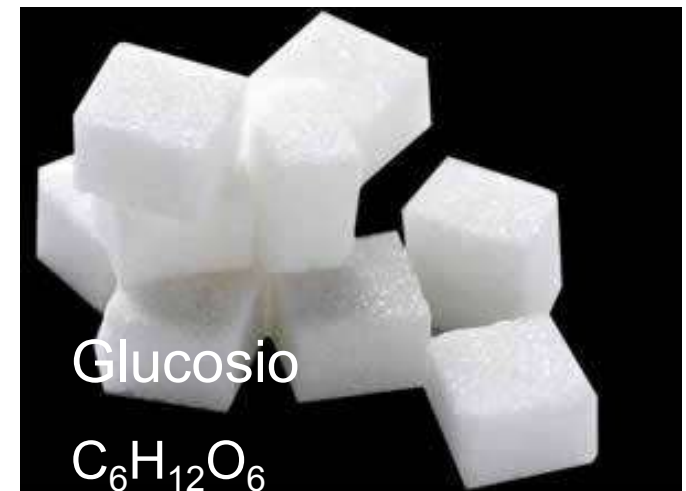
Composti



- I composti derivano dalla combinazione chimica di due o più elementi.
- Hanno una composizione fissa



- Un composto si forma mediante una reazione chimica.



Le proprietà dei composto sono molto diverse da quelle degli elementi

Sodio



Na

Cloro



Cl

Cloruro di sodio



NaCl

MATERIA

Sostanze pure

Porzioni omogenee di materia con composizione fissa e costante

Elementi

Atomi dello stesso tipo, non possono essere scomposti in sostanze più semplici

Composti

Due o più elementi in rapporto fisso e costante, possono essere scomposti negli elementi che li formano

Miscele

Porzioni di materia formate da due o più specie chimiche in rapporti variabili

Omogenee o soluzioni

Proprietà identiche in ogni punto (solide, liquide o gassose)

Dimensione delle particelle della fase dispersa $< 1\text{nm}$

Eterogenee

Proprietà non identiche in ogni punto, si possono identificare due o più fasi diverse

Dispersioni colloidali

Dimensione delle particelle della fase dispersa > 1 e $< 1000\text{ nm}$

Sospensioni

Dimensione delle particelle della fase dispersa $> 1000\text{ nm}$

sono sistemi costituiti da una sostanza (liquida, solida o gassosa) **dispersa in una seconda sostanza** (liquida o gassosa generalmente)

Miscele eterogenee

- Miscuglio solido: più sostanze solide, esempio la sabbia.
- Sospensione: solidi in liquidi o gas, esempio terra in acqua.
- Dispersione colloidale

Emulsione: due o più liquidi non miscibili, esempio acqua e olio.



Miscele omogenee: le soluzioni

- Cosa accade se mescoliamo acqua e zucchero?

L'acqua e lo zucchero formano una soluzione omogenea, cioè le particelle delle due sostanze, pur conservando le loro caratteristiche chimiche, formano una miscela in cui non sono più distinguibili l'una dall'altra e non si separano facilmente



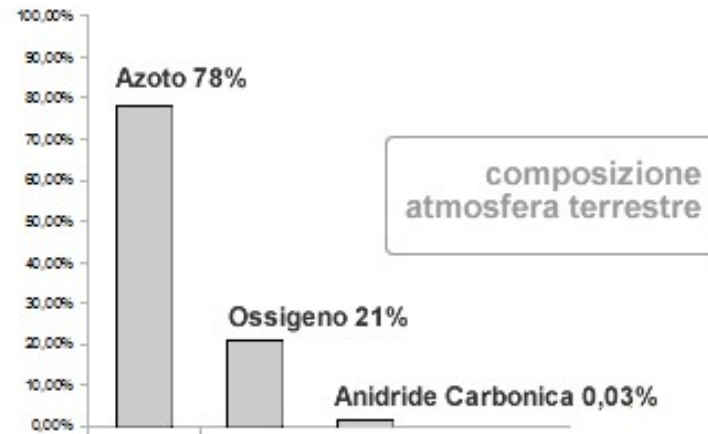
Il solvente e il soluto



- In una soluzione (o miscela omogenea) la sostanza che è presente in maggiore quantità si chiama solvente, mentre quella che si disperde nel solvente, si chiama soluto. Lo stato di aggregazione della soluzione è quella del soluto
- L'acqua è il solvente più diffuso in natura ed è indispensabile per il funzionamento di tutti gli organismi viventi.

Altri tipi di soluzioni

- Soluzioni gassose: esempio l'aria.



Soluzioni solide: esempio le leghe metalliche.

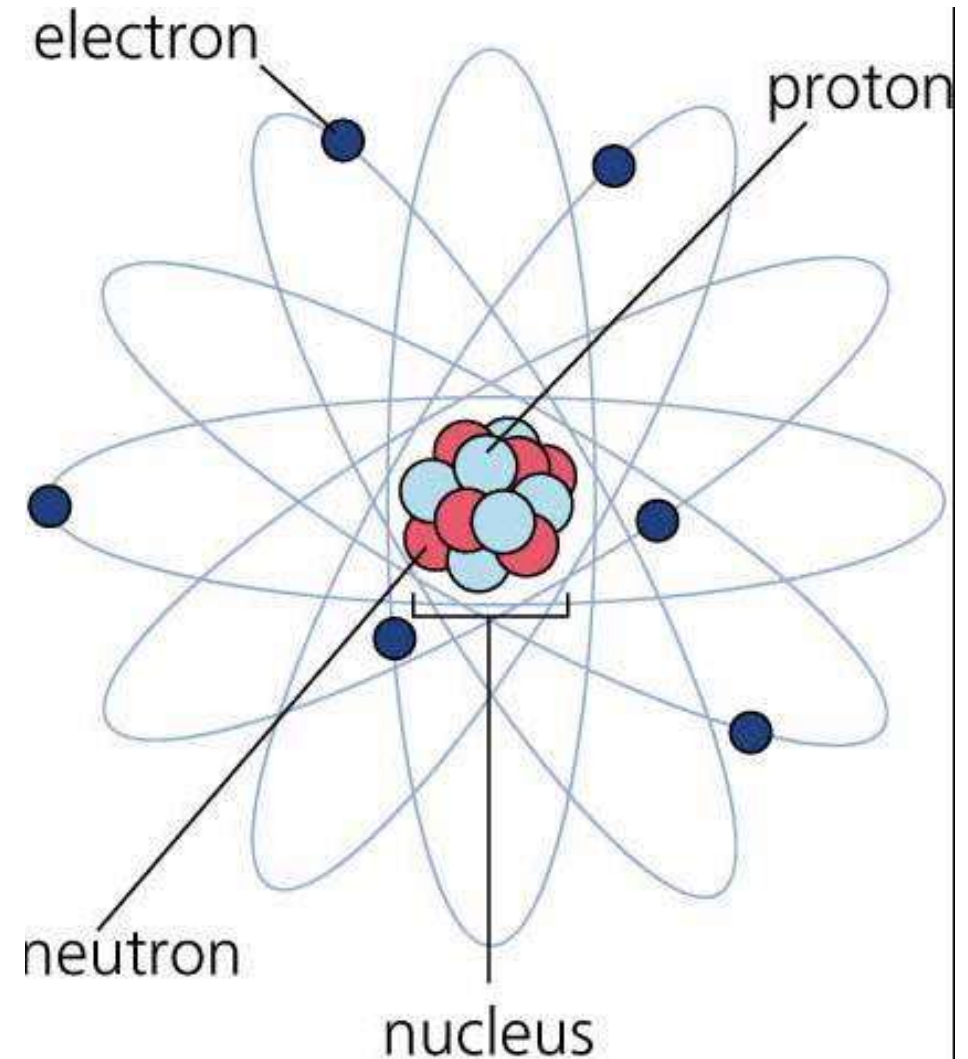
L'acciaio è una lega di ferro e carbonio.

Il bronzo è una lega di rame e stagno.

Una lega è una soluzione di due o più metalli mescolati quando si trovano allo stato fuso e lasciati poi solidificare.

La struttura dell'atomo (modello atomico della materia: particella elementare, la più piccola parte con cui un elemento si combina per formare i composti)

- Atomo...dal greco *atomos* che significa indivisibile...in realtà...
- È composto da tre particelle:
 - elettroni;
 - protoni;
 - neutroni.
- Neutroni e protoni formano il nucleo.



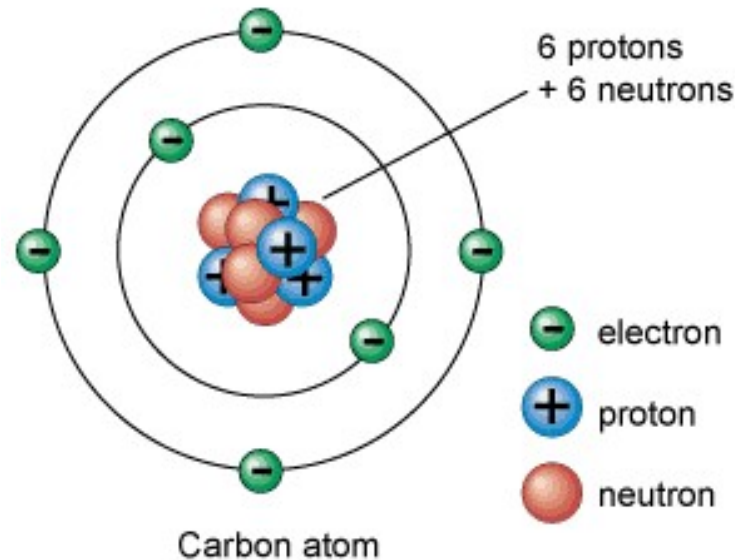
La carica elettrica della materia

- Il neutrone è neutro.
- Il protone è carico positivamente.
- L'elettrone è carico negativamente.

Diametro : $\sim 10^{-10} \text{ m} = \sim 1 \text{ \AA}$

Diametro nucleo: $\sim 10^{-15} \text{ m}$

1 ångström pari a 10^{-10} m (un decimo di miliardesimo di un metro) o 0,1 nanometri. Il suo simbolo è $\text{\AA}$. Impiegato per indicare le dimensioni delle molecole e degli atomi. Diametro degli atomi tra 0,25 e 3 $\text{\AA}$



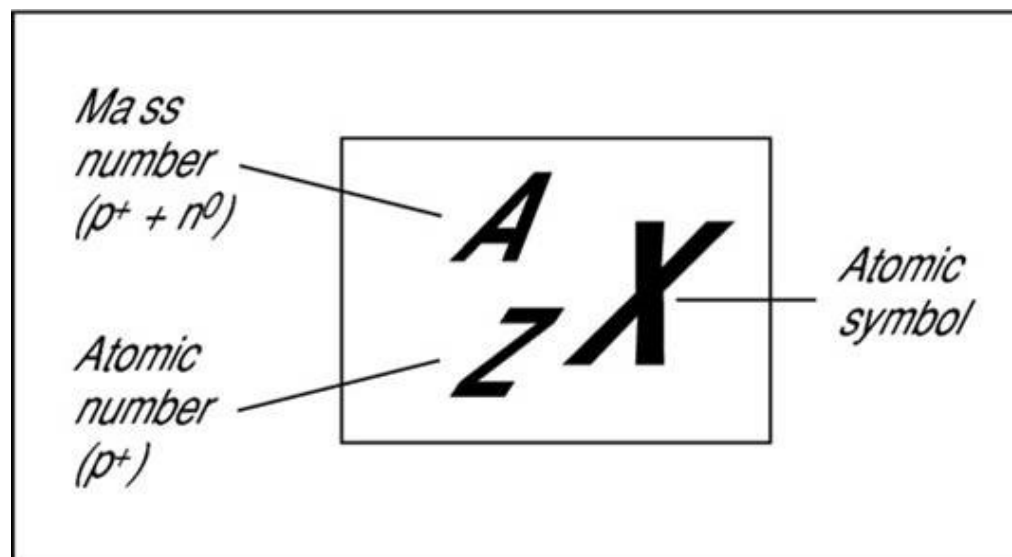
Massa concentrata nel nucleo (protoni e neutroni: $1,6 \times 10^{-27} \text{ Kg}$, elettroni: $9,1 \times 10^{-31} \text{ Kg}$)

Gran parte del volume dell'atomo è spazio «vuoto» nel quale si muovono gli elettroni

Per esprimere la massa di atomi e molecole si fa uso di unità di misura riferite alla grandezza di un singolo protone o neutrone

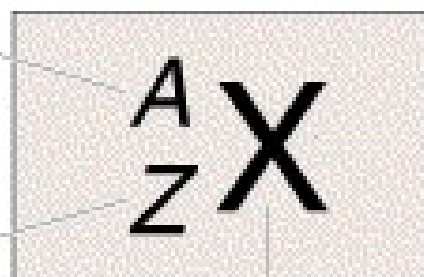
Il numero atomico e il numero di massa di massa

- Il numero atomico di un atomo è il numero dei protoni contenuti nel suo nucleo e si indica con la lettera Z .
- Il numero di massa di un atomo è il numero di protoni e neutroni contenuti nel suo nucleo e si indica con la lettera A .

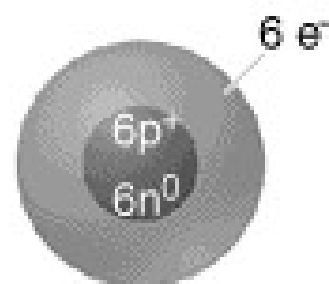


numero
di massa
($p^+ + n^0$)

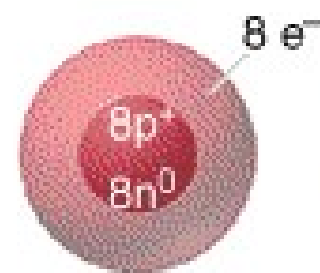
numero
atomico
(p^+)



simbolo
chimico



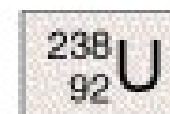
Carbonio-12



Ossigeno-16



Uranio-238



Massa atomica relativa ed assoluta

- **Massa atomica assoluta** (o peso atomico assoluto) tra 10^{-22} e 10^{-23} gr

Difetto di massa (differenza tra la somma delle masse dei protoni e neutroni e la massa effettiva del nucleo)

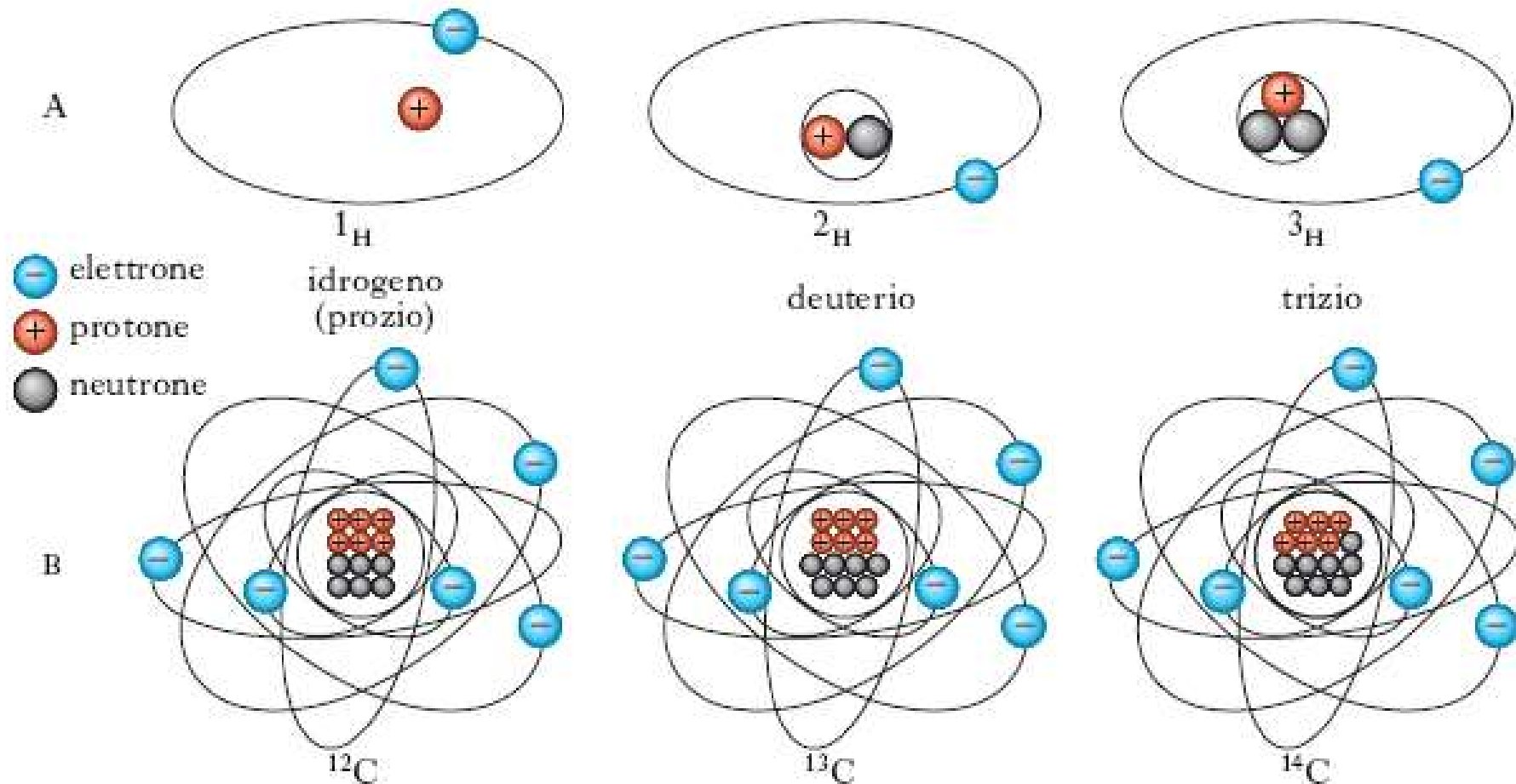
- **Unità di misura di massa atomica** (u.m.a).-

1 uma è la massa equivalente alla dodicesima parte della massa del nucleo del $^{12}\text{C} = 1,660538 \cdot 10^{-24}$ g

- **Massa atomica relativa** = *massa atomica assoluta* (g) / $1,660538 \cdot 10^{-24}$ (g) (peso atomico relativo o peso atomico)

In biochimica e biologia: Dalton (Da) come sinonimo di uma

**ISOTOPI-nuclei (nuclidi) con ugual di protoni (numero atomico Z)
ma diverso numero di neutroni
(numero di massa A)**



Caratteristiche chimiche identiche

Abbondanza isotopica (%)

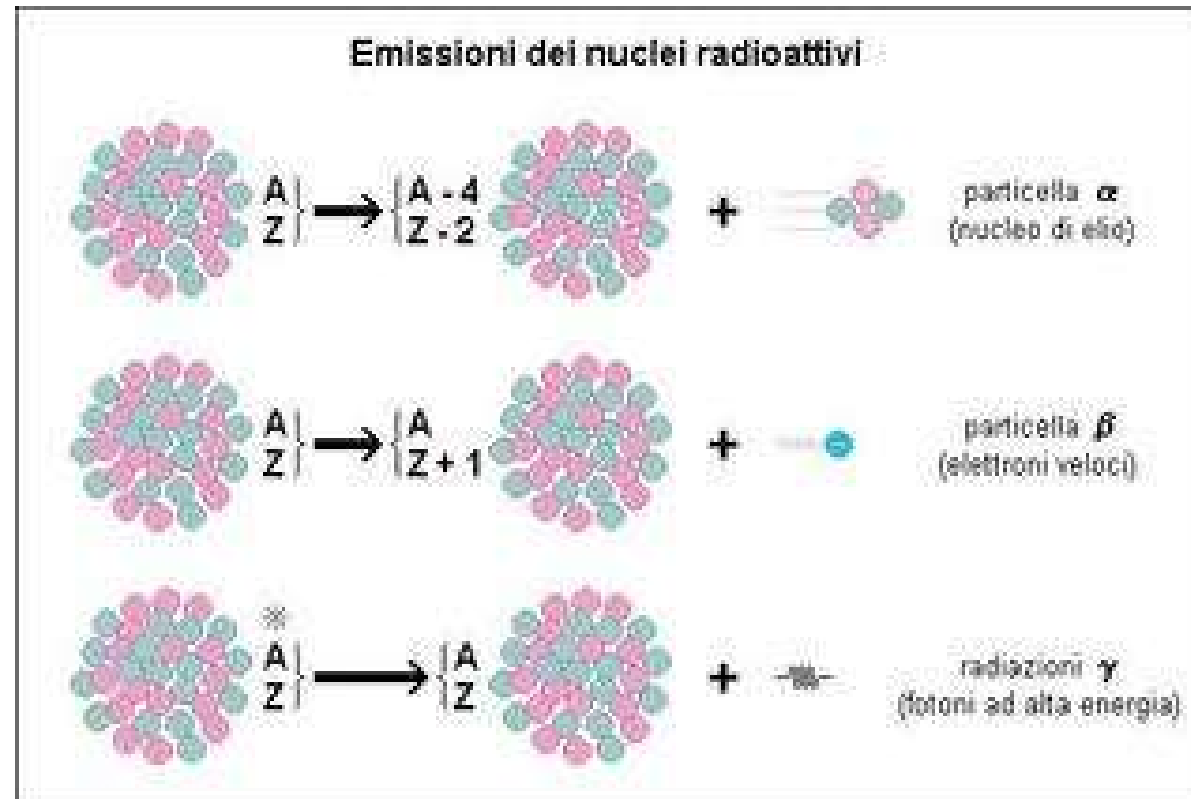
^1H	99.985
^2H	0.015
^3H	tracce

Rapporto
percentuale tra
numero di
atomi di un
determinato isotopo
di un elemento e il
numero di atomi
totali di
quell'elemento
presenti in natura si
definisce

abbondanza
isotopica

^{12}C	98,89
^{13}C	1.11
^{14}C	tracce
^{14}N	99.63
^{15}N	0.36
^{16}O	99.76
^{17}O	0.03
^{18}O	0.20

Isotopi instabili: vanno incontro ad un processo di «decadimento» che li trasforma in nuclidi stabili



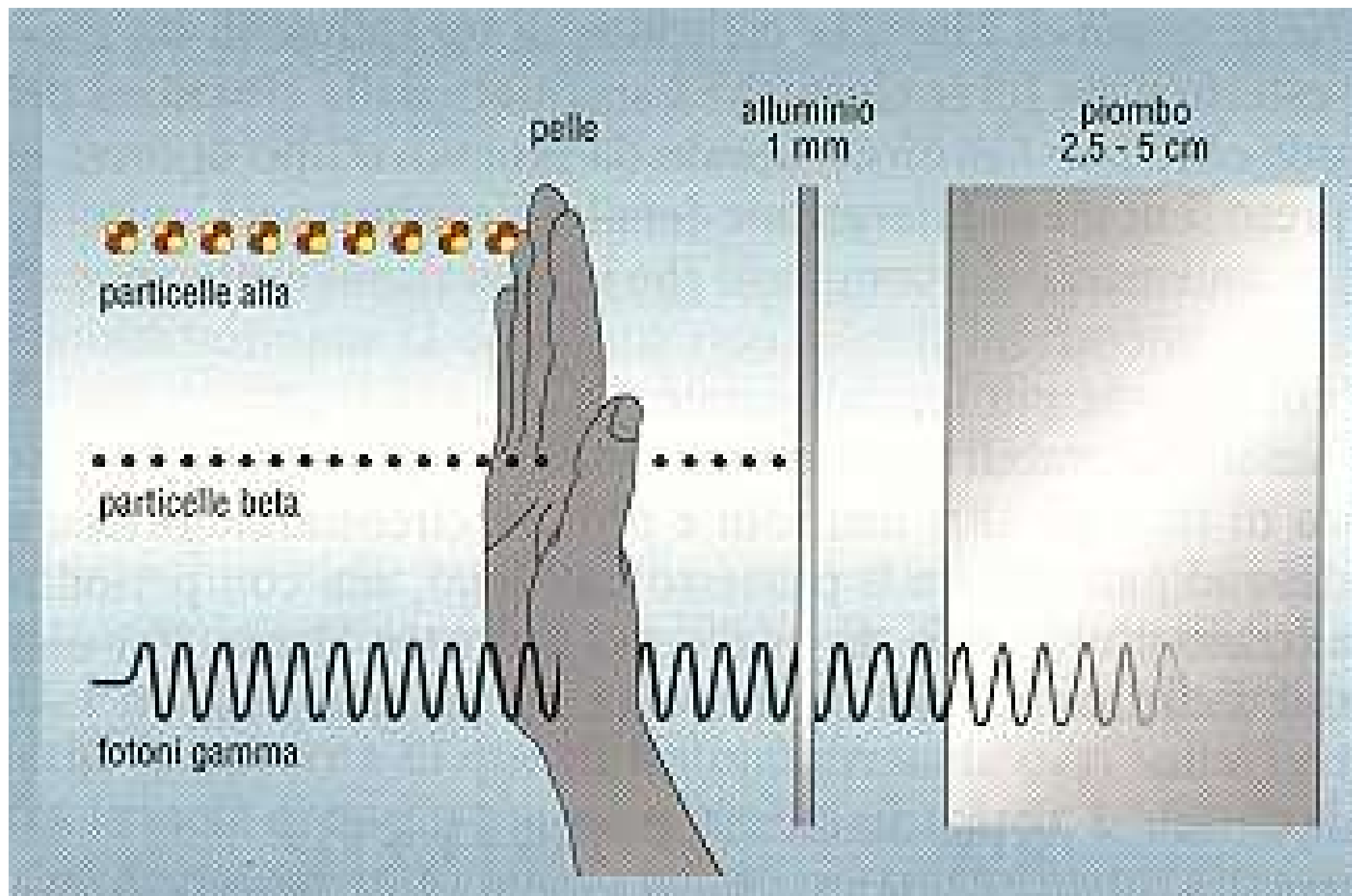
Decadimento radioattivo - con emissione o di particelle o di energia - RADIAZIONI

α (2 protoni+2 neutroni)

β (particelle massa simile elettroni, neg. e pos.
neutrone in protone)

γ (radiazioni elettromagnetiche)

Potere penetrante delle particelle radioattive



Emivita (o tempo di dimezzamento) di un isotopo radioattivo è definita come il tempo occorrente perché la metà degli atomi di un campione puro dell'isotopo decadano in un altro elemento.

L'emivita è una misura della stabilità di un isotopo: più breve è l'emivita, meno stabile è l'atomo

L'emivita dei materiali radioattivi varia da frazioni di secondo per i più instabili, fino a miliardi di anni per quelli che sono solo leggermente instabili

Serie	Isotopo di partenza	Emivita (in anni)	Isotopo stabile finale
radio	uranio-238	$4,47 \times 10^9$	piombo-206
attinio	uranio-235	$7,04 \times 10^8$	piombo-207
torio	torio-232	$1,41 \times 10^{10}$	piombo-208

Periodic Table of the Elements



1

1.01

H

Hydrogen

3

6.94

Li

Lithium

4

9.01

Be

Beryllium

11

22.99

Na

Sodium

12

24.31

Mg

Magnesium

19

39.10

K

Potassium

20

40.08

Ca

Calcium

21

44.96

Sc

Scandium

22

47.90

Ti

Titanium

23

50.94

V

Vanadium

24

51.996

Cr

Chromium

25

54.94

Mn

Manganese

26

55.85

Fe

Iron

27

58.93

Co

Cobalt

28

58.70

Ni

Nickel

29

63.55

Cu

Copper

30

65.37

Zn

Zinc

37

85.47

Rb

Rubidium

38

87.62

Sr

Strontium

39

88.91

Y

Yttrium

40

91.22

Zr

Zirconium

41

92.91

Nb

Niobium

42

95.94

Mo

Molybdenum

43

(98)

Tc

Technetium

44

101.07

Ru

Ruthenium

45

102.91

Rh

Rhodium

46

106.40

Pd

Palladium

47

107.87

Ag

Silver

48

112.41

Cd

Cadmium

55

132.91

Cs

Cesium

56

137.33

Ba

Barium

57

138.91

La

Lanthanum

72

178.49

Hf

Hafnium

73

180.95

Ta

Tantalum

74

183.85

W

Tungsten

75

186.21

Re

Rhenium

76

190.20

Os

Osmium

77

192.22

Ir

Iridium

78

195.09

Pt

Platinum

79

196.97

Au

Gold

80

200.59

Hg

Mercury

87

(223)

Fr

Francium

88

226.03

Ra

Radium

89

227.03

Ac

Actinium

104

(261)

Rf

Rutherfordium

105

(262)

Ha

Hahnium

106

(266)

Sg

Seaborgium

107

(262)

Bh

Bohrium

108

(265)

Hs

Hassium

109

(266)

Mt

Meitnerium

110

(271)

111

(272)

112

(277)

113

114

(285)

115

116

(289)

117

118

(293)

5

10.81

B

Boron

6

12.01

C

Carbon

7

14.01

N

Nitrogen

8

15.999

O

Oxygen

9

18.998

F

Fluorine

13

26.98

Al

Aluminum

14

28.09

Si

Silicon

15

30.97

P

Phosphorus

16

32.06

S

Sulfur

17

35.45

Cl

Chlorine

18

39.95

Ar

Argon

31

69.72

Ga

Gallium

32

72.59

Ge

Germanium

33

74.92

As

Arsenic

34

78.96

Se

Selenium

35

79.90

Br

Bromine

36

83.80

Kr

Krypton

49

114.82

In

Indium

50

118.69

Sn

Tin

51

121.75

Sb

Antimony

52

127.60

Te

Tellurium

53

126.90

I

Iodine

54

131.30

Xe

Xenon

81

204.37

Tl

Thallium

82

207.19

Pb

Lead

83

208.98

Bi

Bismuth

84

(209)

Po

Polonium

85

(210)

At

Astatine

86

(222)

Rn

Radon

2

4.003

He

Helium

10

20.18

Ne

Neon

18

39.95

Ar

Argon

36

83.80

Kr

Krypton

54

131.30

Xe

Xenon

86

(222)

Rn

Radon

118

(293)

14

28.09

Si

Silicon

1

1.01

H

Hydrogen

2

4.003

He

Helium

3

6.94

Li

Lithium

4

9.01

Be

Beryllium

11

22.99

Na

Sodium

12

24.31

Mg

Magnesium

19

39.10

K

Potassium

20

40.08

Ca

Calcium

21

44.96

Sc

Scandium

22

47.90

Ti

Titanium

23

50.94

V

Vanadium

24

51.996

Cr

Chromium

25

54.94

Mn

Manganese

26

55.85

Fe

Iron

27

58.93

Co

Cobalt

28

58.70

Ni

Nickel

29

63.55

Cu

Copper

30

65.37

Zn

Zinc

37

85.47

Rb

Rubidium

38

87.62

Sr

Strontium

39

88.91

Y

Yttrium

40

91.22

Zr

Zirconium

41

92.91

Nb

Niobium

42

95.94

Mo

Molybdenum

43

(98)

Tc

Technetium

44

101.07

Ru

Ruthenium

45

102.91

Rh

Rhodium

46

106.40

Pd

Palladium

47

107.87

Ag

Silver

48

112.41

Cd

Cadmium

55

132.91

Cs

Cesium

56

137.33

Ba

Barium

57

138.91

La

Lanthanum

72

178.49

Hf

Hafnium

73

180.95

Ta

Tantalum

74

183.85

W

Tungsten

75

186.21

Re

Rhenium

76

190.20

Os

Osmium

77

192.22

Ir

Iridium

78

195.09

Pt

Platinum

79

196.97

Au

Gold

80

200.59

Hg

Mercury

87

(223)

Fr

Francium

88

226.03

Ra

Radium

89

227.03

Ac

Actinium

104

(261)

Rf

Rutherfordium

105

(262)

Ha

Hahnium

106

(266)

Sg

Seaborgium

107

(262)

Bh

Bohrium

108

(265)

Hs

Hassium

109

(266)

Mt

Meitnerium

110

(271)

111

(272)

112

(277)

113

114

(285)

115

116

(289)

117

118

(293)

1

1.01

H

Hydrogen

2

4.003

He

Helium

3

6.94

Li

Lithium

4

9.01

Be

Beryllium

11

22.99

Na

Sodium

12

24.31

Mg

Magnesium

19

39.10

K

Potassium

20

40.08

Ca

Calcium

21

44.96

Sc

Scandium

22

47.90

Ti

Titanium

23

50.94

V

Vanadium

24

51.996

Cr

Chromium

25

54.94

Mn

Manganese

26

55.85

Fe

Iron

27

58.93

Co

Cobalt

28

58.70

Ni

Nickel

29

63.55

Cu

Copper

30

65.37

Zn

Zinc

37

85.47

Rb

Rubidium

38

87.62

Sr

Strontium

39

88.91

Y

Yttrium

40

91.22

Zr

Zirconium

41

92.91

Nb

Niobium

42

95.94

Mo

Molybdenum

43

(98)

Tc

Technetium

44

101.07

Ru

Ruthenium

45

102.91

Rh

Rhodium

46

106.40

Pd

Palladium

47

107.87

Ag

Silver

48

112.41

Cd

Cadmium

55

132.91

Cs

Cesium

56

137.33

Ba

Barium

57

138.91

La

Lanthanum

72

178.49

Hf

Hafnium

73

180.95

Ta

Tantalum

74

183.85

W

Tungsten

75

186.21

Re

Rhenium

76

190.20

Os

Osmium

77

192.22

Ir

Iridium

78

195.09

Pt

Platinum

79

196.97

Au

Gold

80

200.59

Hg

Mercury

87

(223)

Fr

Francium

88

226.03

Ra

Radium

89

227.03

Ac

Actinium

104

(261)

Rf

Rutherfordium

105

(262)

Ha

Hahnium

106

(266)

Sg

Seaborgium

107

(262)

Bh

Bohrium

108

(265)

Hs

Hassium

109

(266)

Mt

Meitnerium

110

(271)

111

(272)

112

(277)

113

114

(285)

115

116

(289)

117

118

(293)

1

1.01

H

Hydrogen

2

4.003

He

Helium

3

6.94

Li

Lithium

4

9.01

Be

Beryllium

11

22.99

Na

Sodium

12

24.31

Mg

Magnesium

19

39.10

K

Potassium

20

40.08

Ca

Calcium

21

44.96

Sc

Scandium

22

47.90

Ti

Titanium

23

50.94

V

Vanadium

24

51.996

Cr

Chromium

25

54.94

Mn

Manganese

26

55.85

Fe

Iron

27

58.93

Co

Cobalt

28

58.70

Ni

Nickel

29

63.55

Cu

Copper

30

65.37

Zn

Zinc

37

85.47

Rb

Rubidium

38

87.62

Sr

Strontium

39

88.91

Y

Yttrium

40

91.22

Zr

Zirconium

41

92.91

Nb

Niobium

42

95.94

Mo

Molybdenum

43

(98)

Tc

Technetium

44

101.07

Ru

Ruthenium

45

102.91

Rh

Rhodium

46

106.40

Pd

Palladium

47

107.87

Ag

Silver

48

112.41

Cd

Cadmium

55

132.91

Cs

Cesium

56

137.33

Ba

Barium

57

138.91

La

Lanthanum

72

178.49

Hf

Hafnium

73

180.95

Ta

Tantalum

74

183.85

W

Tungsten

75

186.21

Re

Rhenium

76

190.20

Os

Osmium

77

192.22

Ir

Iridium

78

195.09

Pt

Platinum

79

196.97

Au

Gold

80

200.59

Hg

Mercury

87

(223)

Fr

Francium

88

226.03

Ra

Radium

89

227.03

Ac

Actinium

104

(261)

Rf

Rutherfordium

105

(262)

Ha

Hahnium

106

(266)

Sg

Seaborgium

107

(262)

Bh

Bohrium

108

(265)

Hs

Hassium

109

(266)

Mt

Meitnerium

110

(271)

111

(272)

112

(277)

113

114

(285)

115

116

(289)

117

118

(293)

1

1.01

H

Hydrogen

2

4.003

He

Helium

3

6.94

Li

Lithium

4

9.01

Be

Beryllium

11

22.99

Na

Sodium

12

24.31

Mg

Magnesium

19

39.10

K

Potassium

20

40.08

Ca

Calcium

21

44.96

Sc

Scandium

22

47.90

Ti

Titanium

23

50.94

V

Vanadium

24

51.996

Cr

Chromium

25

54.94

Mn

Manganese

26

55.85

Fe

Iron

27

58.93

Co

Cobalt

28

58.70

Ni

Nickel

29

63.55

Cu

Copper

30

65.37

Zn

Zinc

37

85.47

Rb

Rubidium

38

87.62

Sr

Strontium

39

88.91

Y

Yttrium

40

91.22

Zr

Zirconium

41

92.91

Nb

Niobium

42

95.94

Mo

Molybdenum

43

(98)

Tc

Technetium

44

101.07

Ru

Ruthenium

45

102.91

Rh

Rhodium

46

106.40

Pd

Palladium

47

107.87

Ag

Silver

48

112.41

Cd

Cadmium

55

132.91

Cs

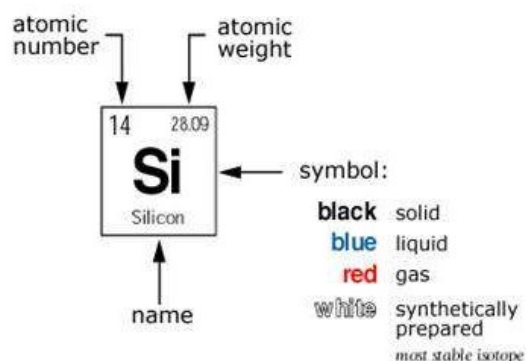
Cesium

56

137.33

Ba

Barium



- alkali metals
- alkaline earth metals
- transitional metals
- other metals
- nonmetals
- noble gases

58 140.12 Ce Cerium	59 140.91 Pr Praseodymium	60 144.24 Nd Neodymium	61 (145) Pm Promethium	62 150.40 Sm Samarium	63 151.96 Eu Europium	64 157.25 Gd Gadolinium	65 158.93 Tb Terbium	66 162.50 Dy Dysprosium	67 164.93 Ho Holmium	68 167.26 Er Erbium	69 168.93 Tm Thulium	70 173.04 Yb Ytterbium	71 174.97 Lu Lutetium
90 232.04 Th Thorium	91 231.04 Pa Protactinium	92 238.03 U Uranium	93 237.05 Np Neptunium	94 (244) Pu Plutonium	95 (243) Am Americium	96 (247) Cm Curium	97 (247) Bk Berkelium	98 (251) Cf Californium	99 (252) Es Einsteinium	100 (257) Fm Fermium	101 (260) Md Mendelevium	102 (259) No Nobelium	103 (262) Lr Lawrencium

PERIODI

GRUPPI

GRUPPI

Periodic Table of the Elements

1 1.01 H Hydrogen	2 4.003 He Helium																	3 6.94 Li Lithium	4 9.01 Be Beryllium																	11 22.99 Na Sodium	12 24.31 Mg Magnesium																	19 39.10 K Potassium	20 40.08 Ca Calcium	21 44.96 Sc Scandium	22 47.90 Ti Titanium	23 50.94 V Vanadium	24 51.96 Cr Chromium	25 54.94 Mn Manganese	26 55.85 Fe Iron	27 58.93 Co Cobalt	28 58.70 Ni Nickel	29 63.55 Cu Copper	30 65.37 Zn Zinc	31 69.72 Ga Gallium	32 72.99 Ge Germanium	33 74.92 As Arsenic	34 78.96 Se Selenium	35 79.90 Br Bromine	36 83.80 Kr Krypton	37 85.47 Rb Rubidium	38 87.62 Sr Strontium	39 88.91 Y Yttrium	40 91.22 Zr Zirconium	41 92.91 Nb Niobium	42 95.94 Mo Molybdenum	43 (98) Tc Technetium	44 101.07 Ru Ruthenium	45 102.91 Rh Rhodium	46 106.40 Pd Palladium	47 107.87 Ag Silver	48 112.41 Cd Cadmium	49 114.82 In Indium	50 118.69 Sn Tin	51 121.75 Sb Antimony	52 127.60 Te Tellurium	53 126.90 I Iodine	54 131.30 Xe Xenon	55 132.91 Cs Cesium	56 137.33 Ba Barium	57 138.91 La Lanthanum	58 175.07 Ce Cerium	59 140.91 Pr Praseodymium	60 140.91 Nd Neodymium	61 (145) Pm Promethium	62 150.40 Sm Samarium	63 151.96 Eu Europium	64 157.25 Gd Gadolinium	65 158.93 Tb Terbium	66 162.50 Dy Dysprosium	67 164.93 Ho Holmium	68 167.26 Er Erbium	69 168.93 Tm Thulium	70 173.04 Yb Ytterbium	71 174.97 Lu Lutetium	72 183.85 Hf Hafnium	73 180.95 Ta Tantalum	74 183.85 W Tungsten	75 186.21 Re Rhenium	76 186.21 Os Osmium	77 192.22 Ir Iridium	78 195.08 Pt Platinum	79 196.97 Au Gold	80 200.59 Hg Mercury	81 204.37 Tl Thallium	82 207.19 Pb Lead	83 208.98 Bi Bismuth	84 (209) Po Polonium	85 (210) At Astatine	86 (222) Rn Radon	87 (223) Fr Francium	88 226.03 Ra Radium	89 227.03 Ac Actinium	90 232.04 Th Thorium	91 231.04 Pa Protactinium	92 238.03 U Uranium	93 237.05 Np Neptunium	94 244 Pu Plutonium	95 243 Am Americium	96 (247) Cm Curium	97 (247) Bk Berkelium	98 (251) Cf Californium	99 (252) Es Einsteinium	100 (257) Fm Fermium	101 (260) Md Mendelevium	102 (259) No Nobelium	103 (262) Lr Lawrencium
-----------------------------------	-----------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	-----------------------------------	-------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	------------------------------------	---------------------------------------	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	------------------------------------	----------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	-------------------------------------	--	---------------------------------------	--	--------------------------------------	--	-------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	----------------------------------	---------------------------------------	--	------------------------------------	------------------------------------	-------------------------------------	-------------------------------------	--	-------------------------------------	---	--	--	---------------------------------------	---------------------------------------	---	--------------------------------------	---	--------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	--	---------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	---------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------	-------------------------------------	---------------------------------------	--------------------------------------	---	-------------------------------------	--	-------------------------------------	-------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------------	---	---	--------------------------------------	--	---------------------------------------	---

Copyright © 2009 Oxford Labs

18 colonne : Gruppi- atomi di uguale comportamento chimico

7 righe : Periodi –lungo un periodo graduale periodico cambiamento di proprietà fisiche e chimiche.

Teoria quantistica: Planck

Oggetto: studio delle leggi che regolano gli scambi di energia tra corpi di dimensione atomica e subatomica

Basata sul concetto che quando nel corso di un evento due corpo si scambiano energia questa non può essere mai inferiore ad una certa quantità minima (QUANTO) e pari a suoi multipli.

$$\Delta E = h\nu; 2 h\nu; 3 h\nu \dots n h\nu$$

h costante di Planck $6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$

MODELLO ATOMICO e STRUTTURA ELETTRONICA

Oggi atomo descritto dalla **meccanica ondulatoria o quanto-meccanica**

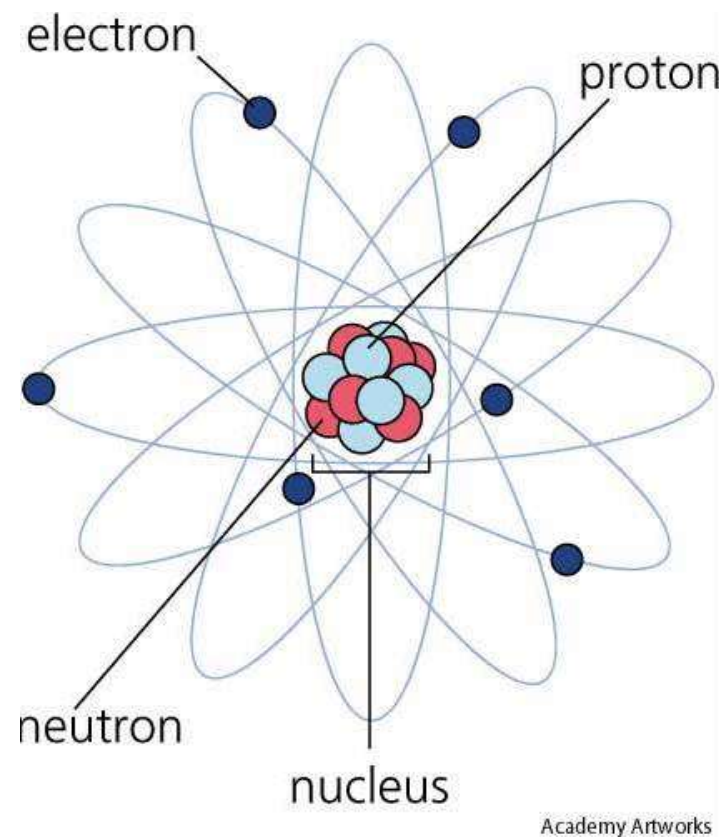
Natura dualistica dell'energia radiante: a seconda delle circostanze sperimentali l'energia radiante può esibire carattere ondulatorio (onda elettromagnetica) o corpuscolare (fasci di fotoni).

Se energia si può comportare come una particella allora anche una particella può avere proprietà ondulatorie.

AD OGNI ELETTRONE IN MOTO SI PUO' ASSOCIARE UNA LUNGHEZZA D'ONDA (onde di materia)

$$\lambda = h/mv$$

mv momento o quantità di moto



Il principio di indeterminazione (Heisengerg)

Non è intrinsecamente possibile conoscere con il medesimo grado di precisione la quantità di moto della particella e la sua posizione nello spazio.

Non è realistico immaginare gli elettroni ruotanti attorno al nucleo in traiettorie circolari.

Gli elettroni possono esistere solo in certi stati energetici, e possono passare da uno stato energetico all'altro solo assorbendo od emettendo ben definiti «pacchetti» di energia (**QUANTI di energia**)

$$\Delta E = h\nu; 2 h\nu; 3 h\nu \dots n h\nu$$

$$h \text{ costante di Planck} \quad 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$$

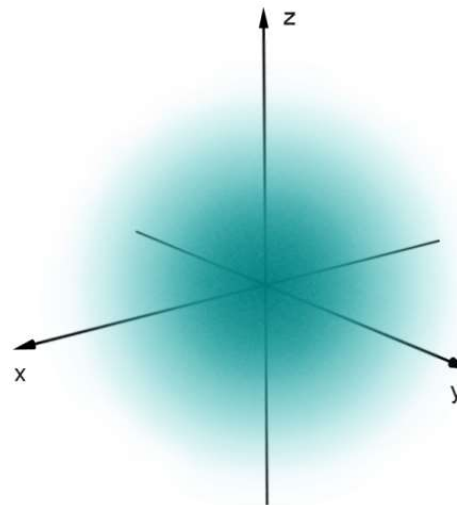
Teoria quanto meccanica atomo

In meccanica quantistica l'**equazione di Schrödinger** è un'equazione differenziale con infinite soluzioni. Le soluzioni sono dette **funzioni d'onda** ψ . La funzione d'onda informa circa la posizione dell'elettrone nello spazio quando esso si trova in un determinato stato di energia.

Il quadrato di ψ esprime la probabilità che l'elettrone si trovi in una determinata regione dello spazio perinucleare.

Un **orbitale atomico** corrisponde a una zona dello spazio contrassegnata da un valore di energia definita attorno al nucleo dove l'elettrone può trovarsi con elevata probabilità.

Visivamente, tale orbitale può essere meglio rappresentato mediante una nuvola la cui intensità è proporzionale alla *densità di probabilità* di trovare l'elettrone in quel punto e con forme tali da comprendere il 95% della probabilità elettronica



Orbital s ($\ell = 0$, $m_\ell = 0$)

Ogni orbitale possiede un certo contenuto di energia e una forma e una orientazione caratteristica

La dimensione, l'orientamento e la forma dell'orbitale sono descritti dai **numeri quantici**.

I numeri quantici sono tre:

- numero quantico principale;
- numero quantico secondario;
- numero quantico magnetico.

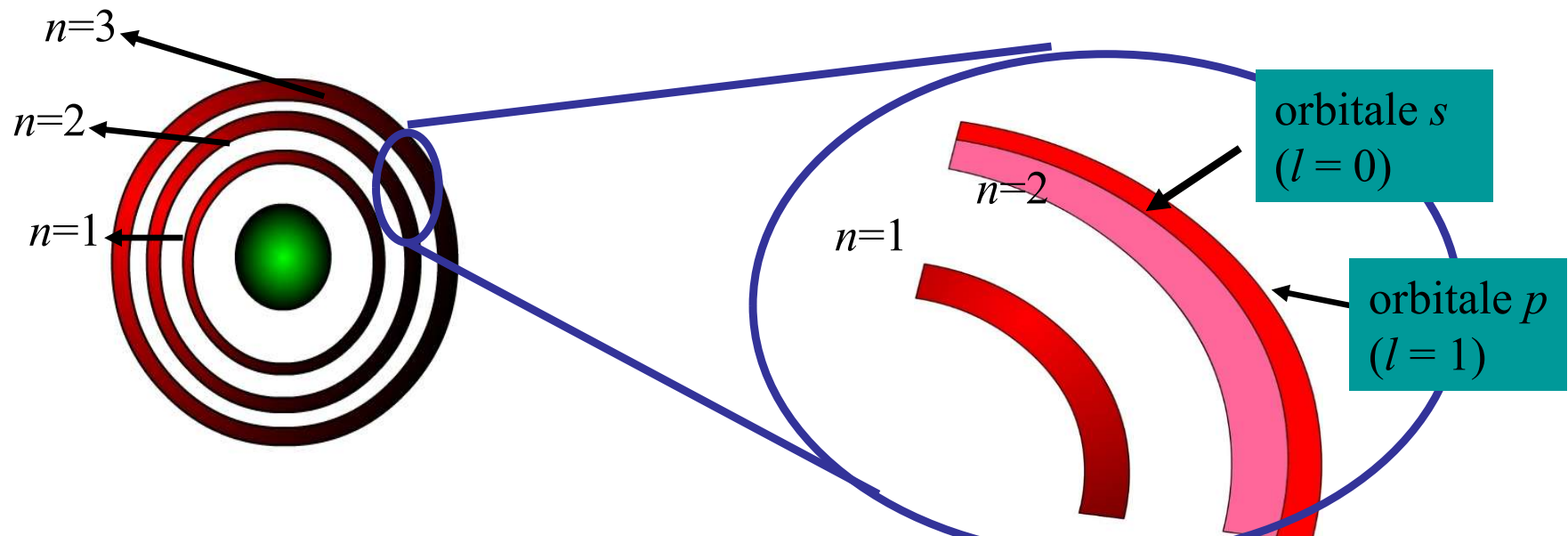
Un quarto numero quantico

- numero quantico di spin

descrive invece una proprietà dell'elettrone.

Numeri Quantici

- **Numero Quantico Principale n (orbitali con stesso n sono un livello elettronico)**
- **Rappresenta i livelli energetici principali**
- **$n = 1, \dots, 7$**
- **Descrive la distanza dal nucleo**
- **Maggiore è n , maggiore è l'energia**
- **Numero Quantico Angolare l**
- **Rappresenta i livelli sub-energetici**
- **$l = 0, \dots, n-1$**
- **Descrive la geometria orbitale**
- **Rappresentato dalle lettere s, p, d e f .**



Se $n = 1$

$l = 0 \rightarrow$ orbitale di tipo s

Ciò significa che nel primo livello di energia vi è un solo orbitale che è di tipo sferico, indicata con $l = 0$, o anche con la lettera "s".

Se $n = 3$

$l = 0 \rightarrow$ orbitale di tipo s

$l = 1 \rightarrow$ orbitale di tipo p

$l = 2 \rightarrow$ orbitale di tipo d

Se $n = 4$

$l = 0 \rightarrow$ orbitale di tipo s

$l = 1 \rightarrow$ orbitale di tipo p

$l = 2 \rightarrow$ orbitale di tipo d

$l = 3 \rightarrow$ orbitale di tipo f

A seconda del valore assunto dal numero quantico secondario l , l'orbitale assume una determinata forma.

Per $l = 0$ l'orbitale è sferico (orbitale s). Al centro della sfera c'è il nucleo.

Per $l = 1$ l'orbitale è a due lobi (orbitale p). Il nucleo dell'atomo sta al centro dei due lobi.

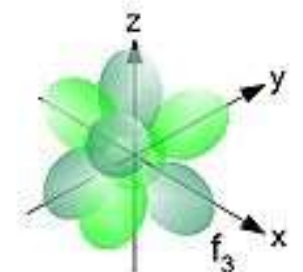
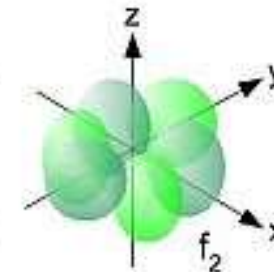
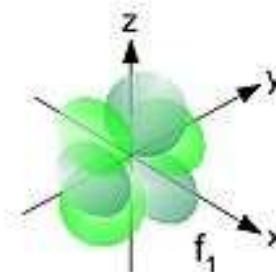
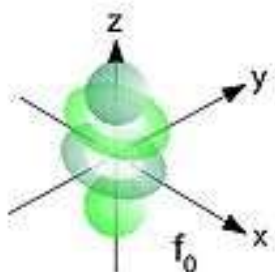
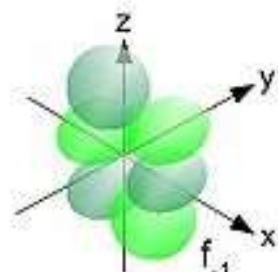
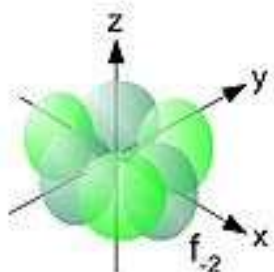
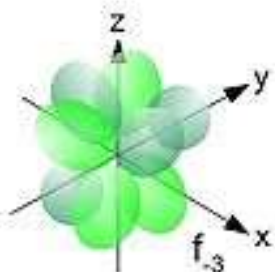
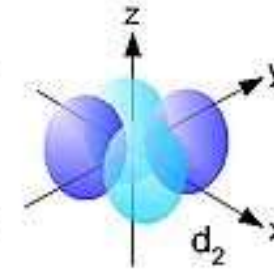
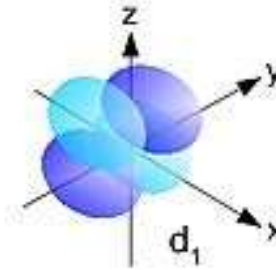
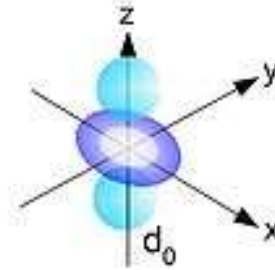
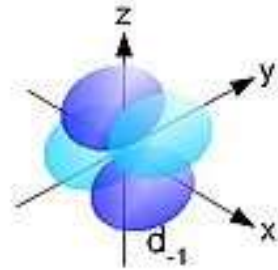
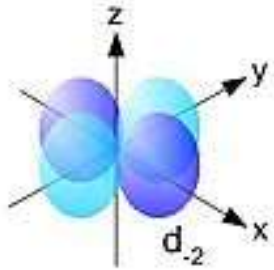
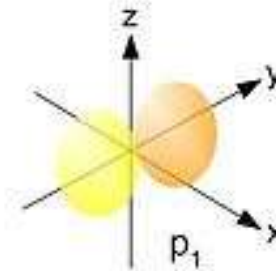
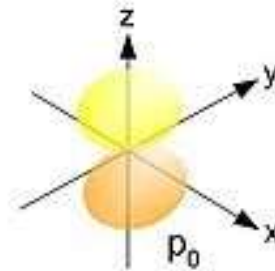
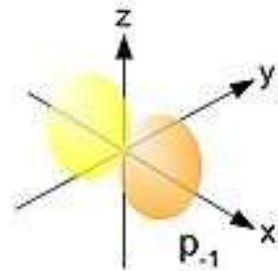
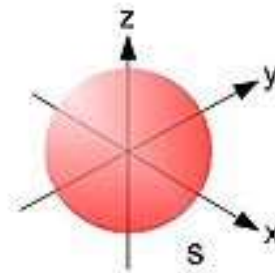
Per $l = 2$ l'orbitale è a quattro lobi (orbitale d). Il nucleo dell'atomo sta al centro dei quattro lobi.

Per $l = 3$ l'orbitale è a otto lobi (orbitale f).

Numero quantico magnetico m_l

$(-l \dots 0 \dots l)$

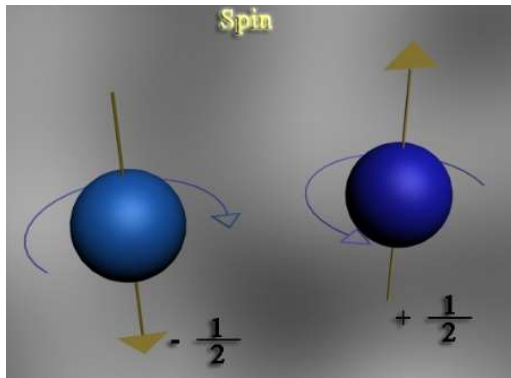
Numero di orientazioni di un orbitale nello spazio-ORBITALI DEGENERI



Numeri quantici e orbitali

	$s (l=0)$	$p (l=1)$			$d (l=2)$					$f (l=3)$						
	$m=0$	$m=0$	$m=\pm 1$		$m=0$	$m=\pm 1$		$m=\pm 2$		$m=0$	$m=\pm 1$	$m=\pm 2$		$m=\pm 3$		
	s	p_z	p_x	p_y	d_{z^2}	d_{xz}	d_{yz}	d_{xy}	$d_{x^2-y^2}$	f_{z^3}	f_{xz^2}	f_{yz^2}	f_{xyz}	$f_{z(x^2-y^2)}$	$f_{x(x^2-3y^2)}$	$f_{y(3x^2-y^2)}$
$n=1$																
$n=2$																
$n=3$																
$n=4$																
$n=5$										...	...	...	...	...	...	...
$n=6$					...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$n=7$		...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...

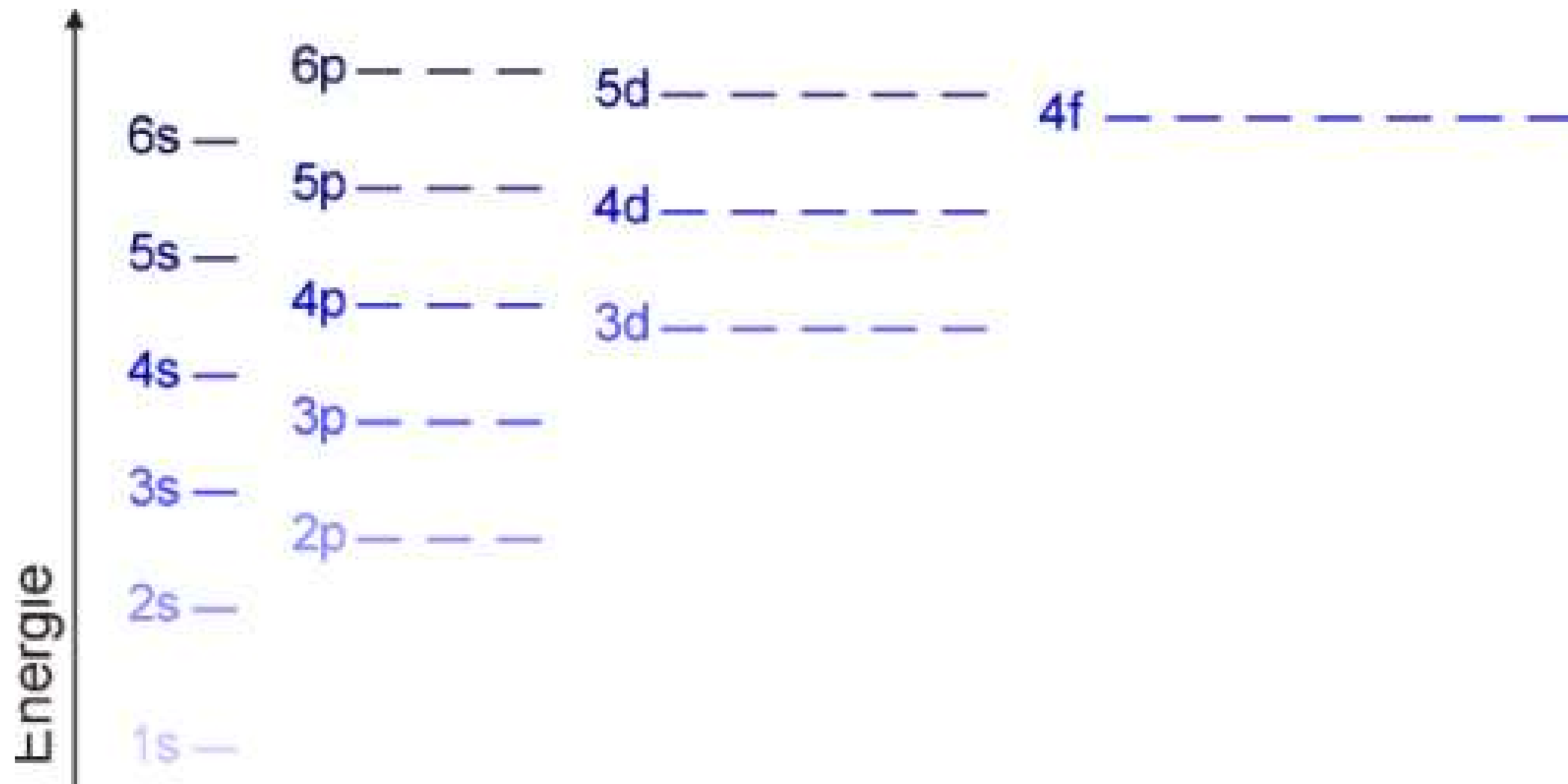
Numero quantico di spin (m_s)



Il numero quantico di spin è il quarto numero quantico. Esso riguarda l'elettrone, viene indicato con la lettera m_s e può assumere soltanto due valori: $m_s = +\frac{1}{2}$ e $m_s = -\frac{1}{2}$.

Nel novembre del 1925 due fisici olandesi, G.E. Uhlenbeck e S.A.

Goudsmit, formularono l'ipotesi che l'elettrone avesse la possibilità di ruotare attorno al proprio asse proprio come fa la Terra.



Come si distribuiscono gli elettroni negli orbitali

Principio di esclusione di Pauli: in un atomo di un elemento, due elettroni non possono avere la stessa serie di quattro numeri quantici. Ciascun orbitale può ospitare al massimo due elettroni con spin opposti

Principio di Hund: orbitali degeneri occupati da un solo elettrone finché tutti non contengano almeno un elettrone; in questo caso hanno tutti spin paralleli

CONFIGURAZIONE ELETTRONICA: come sono distribuiti gli elettroni nei vari livelli, sottolivelli degli orbitali

9 elettroni (Fluoro-F) $1s^2 2s^2 2p^5$ 10 elettroni (Neon-Ne) $1s^2 2s^2 2p^6$

11 elettroni (Sodio-Na) $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

Periodic Table of the Elements



11.01

H

Hydrogen

6.94

Li

Lithium

9.01

Be

Beryllium

22.99

Na

Sodium

24.31

Mg

Magnesium

39.10

K

Potassium

40.08

Ca

Calcium

44.96

Sc

Scandium

47.90

Ti

Titanium

50.94

V

Vanadium

51.996

Cr

Chromium

54.94

Mn

Manganese

55.85

Fe

Iron

58.93

Co

Cobalt

58.70

Ni

Nickel

63.55

Cu

Copper

65.37

Zn

Zinc

69.72

Ga

Gallium

72.59

Ge

Germanium

74.92

As

Arsenic

78.96

Se

Selenium

79.90

Br

Bromine

83.80

Kr

Krypton

85.47

Rb

Rubidium

87.62

Sr

Strontium

88.91

Y

Yttrium

91.22

Zr

Zirconium

92.91

Nb

Niobium

95.94

Mo

Molybdenum

(98)

Tc

Technetium

101.07

Ru

Ruthenium

102.91

Rh

Rhodium

106.40

Pd

Palladium

107.87

Ag

Silver

112.41

Cd

Cadmium

114.82

In

Indium

118.69

Sn

Tin

121.75

Sb

Antimony

127.60

Te

Tellurium

126.90

I

Iodine

131.30

Xe

Xenon

132.91

Cs

Cesium

137.33

Ba

Barium

138.91

La

Lanthanum

178.49

Hf

Hafnium

180.95

Ta

Tantalum

183.85

W

Tungsten

186.21

Re

Rhenium

190.20

Os

Osmium

192.22

Ir

Iridium

195.09

Pt

Platinum

196.97

Au

Gold

200.59

Hg

Mercury

204.37

Tl

Thallium

207.19

Pb

Lead

208.98

Bi

Bismuth

(209)

Po

Polonium

(210)

At

Astatine

(222)

Rn

Radon

(223)

Fr

Francium

226.03

Ra

Radium

227.03

Ac

Actinium

(261)

Rf

Rutherfordium

(262)

Ha

Hahnium

(266)

Sg

Seaborgium

(262)

Bh

Bohrium

(265)

Hs

Hassium

(266)

Mt

Meitnerium

(271)

(272)

(277)

(113)

(285)

(115)

(289)

(117)

(293)

1.01

H

Hydrogen

6.94

Li

Lithium

9.01

Be

Beryllium

22.99

Na

Sodium

24.31

Mg

Magnesium

39.10

K

Potassium

40.08

Ca

Calcium

44.96

Sc

Scandium

47.90

Ti

Titanium

50.94

V

Vanadium

51.996

Cr

Chromium

54.94

Mn

Manganese

55.85

Fe

Iron

58.93

Co

Cobalt

58.70

Ni

Nickel

63.55

Cu

Copper

65.37

Zn

Zinc

69.72

Ga

Gallium

72.59

Ge

Germanium

74.92

As

Arsenic

78.96

Se

Selenium

79.90

Br

Bromine

83.80

Kr

Krypton

85.47

Rb

Rubidium

87.62

Sr

Strontium

88.91

Y

Yttrium

91.22

Zr

Zirconium

92.91

Nb

Niobium

95.94

Mo

Molybdenum

(98)

Tc

Technetium

101.07

Ru

Ruthenium

102.91

Rh

Rhodium

106.40

Pd

Palladium

107.87

Ag

Silver

112.41

Cd

Cadmium

114.82

In

Indium

118.69

Sn

Tin

121.75

Sb

Antimony

127.60

Te

Tellurium

126.90

I

Iodine

131.30

Xe

Xenon

132.91

Cs

Cesium

137.33

Ba

Barium

138.91

La

Lanthanum

178.49

Hf

Hafnium

180.95

Ta

Tantalum

183.85

W

Tungsten

186.21

Re

Rhenium

190.20

Os

Osmium

192.22

Ir

Iridium

195.09

Pt

Platinum

196.97

Au

Gold

200.59

Hg

Mercury

204.37

Tl

Thallium

207.19

Pb

Lead

208.98

Bi

Bismuth

(209)

Po

Polonium

(210)

At

Astatine

(222)

Rn

Radon

(223)

Fr

Francium

226.03

Ra

Radium

227.03

Ac

Actinium

(261)

Rf

Rutherfordium

(262)

Ha

Hahnium

(266)

Sg

Seaborgium

(262)

Bh

Bohrium

(265)

Hs

Hassium

(266)

Mt

Meitnerium

(271)

(272)

(277)

(113)

(285)

(115)

(289)

(117)

(293)

14

Si

Silicon

28.09

symbol:

black

solid

blue

liquid

red

gas

white

synthetically prepared

most stable isotope

name

alkali metals

alkaline earth metals

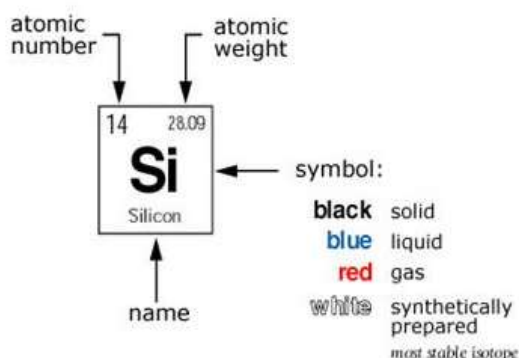
transitional metals

other metals

nonmetals

noble gases

LABS



- alkali metals
- alkaline earth metals
- transitional metals
- other metals
- nonmetals
- noble gases

58 140.12 Ce Cerium	59 140.91 Pr Praseodymium	60 144.24 Nd Neodymium	61 (145) Pm Promethium	62 150.40 Sm Samarium	63 151.96 Eu Europium	64 157.25 Gd Gadolinium	65 158.93 Tb Terbium	66 162.50 Dy Dysprosium	67 164.93 Ho Holmium	68 167.26 Er Erbium	69 168.93 Tm Thulium	70 173.04 Yb Ytterbium	71 174.97 Lu Lutetium
90 232.04 Th Thorium	91 231.04 Pa Protactinium	92 238.03 U Uranium	93 237.05 Np Neptunium	94 (244) Pu Plutonium	95 (243) Am Americium	96 (247) Cm Curium	97 (247) Bk Berkelium	98 (251) Cf Californium	99 (252) Es Einsteinium	100 (257) Fm Fermium	101 (260) Md Mendelevium	102 (259) No Nobelium	103 (262) Lr Lawrencium

Group number																		18		
		1											13	14	15	16	17	2		
		1A											3A	4A	5A	6A	7A	8A		
Periods	1	1 H $1s^1$	2																2 He $1s^2$	
	2	3 Li $2s^1$	4 Be $2s^2$											5 B $2s^2 2p^1$	6 C $2s^2 2p^2$	7 N $2s^2 2p^3$	8 O $2s^2 2p^4$	9 F $2s^2 2p^5$	10 Ne $2s^2 2p^6$	
	3	11 Na $3s^1$	12 Mg $3s^2$	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B			10 10B	11 1B	12 2B	13 Al $3s^2 3p^1$	14 Si $3s^2 3p^2$	15 P $3s^2 3p^3$	16 S $3s^2 3p^4$	17 Cl $3s^2 3p^5$	18 Ar $3s^2 3p^6$
	4	19 K $4s^1$	20 Ca $4s^2$	21 Sc $3d^1 4s^2$	22 Ti $3d^2 4s^2$	23 V $3d^3 4s^2$	24 Cr $3d^5 4s^1$	25 Mn $3d^5 4s^2$	26 Fe $3d^6 4s^2$	27 Co $3d^7 4s^2$	28 Ni $3d^8 4s^2$	29 Cu $3d^{10} 4s^1$	30 Zn $3d^{10} 4s^2$	31 Ga $4s^2 4p^1$	32 Ge $4s^2 4p^2$	33 As $4s^2 4p^3$	34 Se $4s^2 4p^4$	35 Br $4s^2 4p^5$	36 Kr $4s^2 4p^6$	
	5	37 Rb $5s^1$	38 Sr $5s^2$	39 Y $4d^1 5s^2$	40 Zr $4d^2 5s^2$	41 Nb $4d^4 5s^1$	42 Mo $4d^5 5s^1$	43 Tc $4d^5 5s^2$	44 Ru $4d^7 5s^1$	45 Rh $4d^8 5s^1$	46 Pd $4d^{10}$	47 Ag $4d^{10} 5s^1$	48 Cd $4d^{10} 5s^2$	49 In $5s^2 5p^1$	50 Sn $5s^2 5p^2$	51 Sb $5s^2 5p^3$	52 Te $5s^2 5p^4$	53 I $5s^2 5p^5$	54 Xe $5s^2 5p^6$	
	6	55 Cs $6s^1$	56 Ba $6s^2$	57 *La $5d^1 6s^2$	72 Hf $5d^2 6s^2$	73 Ta $5d^3 6s^2$	74 W $5d^4 6s^2$	75 Re $5d^5 6s^2$	76 Os $5d^6 6s^2$	77 Ir $5d^7 6s^2$	78 Pt $5d^9 6s^1$	79 Au $5d^{10} 6s^1$	80 Hg $5d^{10} 6s^2$	81 Tl $6s^2 6p^1$	82 Pb $6s^2 6p^2$	83 Bi $6s^2 6p^3$	84 Po $6s^2 6p^4$	85 At $6s^2 6p^5$	86 Rn $6s^2 6p^6$	
	7	87 Fr $7s^1$	88 Ra $7s^2$	89 †Ac $6d^1 7s^2$	104 Rf $6d^2 7s^2$	105 Db $6d^3 7s^2$	106 Sg $6d^4 7s^2$	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 (271.15)	111 (272.15)	112 (277)		114 (285)		116 (289)			

Lanthanides	58 Ce $4f^2 6s^2$	59 Pr $4f^3 6s^2$	60 Nd $4f^4 6s^2$	61 Pm $4f^5 6s^2$	62 Sm $4f^6 6s^2$	63 Eu $4f^7 6s^2$	64 Gd $4f^7 5d^1 6s^2$	65 Tb $4f^9 6s^2$	66 Dy $4f^{10} 6s^2$	67 Ho $4f^{11} 6s^2$	68 Er $4f^{12} 6s^2$	69 Tm $4f^{13} 6s^2$	70 Yb $4f^{14} 6s^2$	71 Lu $4f^{14} 5d^1 6s^2$
Actinides	90 Th $6d^2 7s^2$	91 Pa $5f^2 6d^1 7s^2$	92 U $5f^3 6d^1 7s^2$	93 Np $5f^4 6d^1 7s^2$	94 Pu $5f^6 7s^2$	95 Am $5f^7 7s^2$	96 Cm $5f^7 6d^1 7s^2$	97 Bk $5f^9 7s^2$	98 Cf $5f^{10} 7s^2$	99 Es $5f^{11} 7s^2$	100 Fm $5f^{12} 7s^2$	101 Md $5f^{13} 7s^2$	102 No $5f^{14} 7s^2$	103 Lr $5f^{14} 6d^1 7s^2$

Le proprietà chimiche degli elementi dipendono dal numero di elettroni nel guscio esterno (di valenza)

Gli elettroni di valenza di un atomo sono gli elettroni presenti nel suo ultimo livello di energia; sono quelli che partecipano alla formazione dei legami

Sono questi elettroni ad essere coinvolti nelle reazioni chimiche.

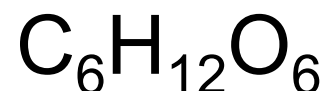
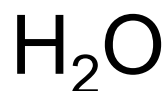
Tutti gli elementi di uno stesso gruppo hanno le stesse proprietà chimiche perché hanno lo stesso numero di elettroni nel guscio più esterno.

MOLECOLE

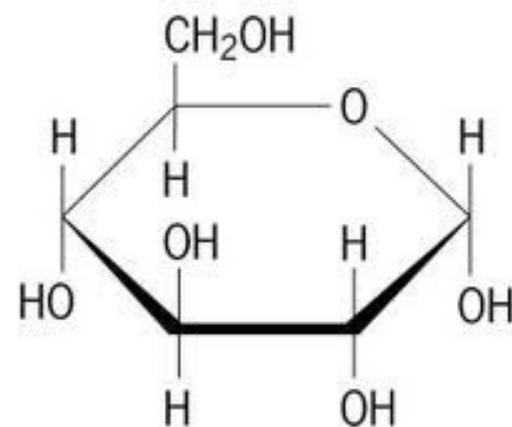
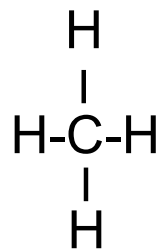
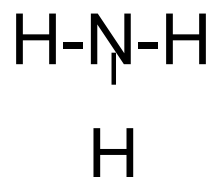
Formate dall'associazione di due o più atomi, tenuti insieme da legami covalenti, che consistono nella condivisione di elettroni. Le molecole di una sostanza sono tutte uguali fra loro.

Formule molecolari (brute)

- Una formula chimica indica quali e quanti atomi sono presenti in una molecola.
- I simboli degli elementi si scrivono uno di seguito all'altro; accanto ai simboli, al pedice, si scrive il numero di atomi di ogni tipo; 1 è sottinteso.



Formule strutturali



Il legame covalente e la regola dell'ottetto (di Lewis)

I gas nobili hanno massima stabilità e sono caratterizzati dal possedere 8 elettroni di valenza

Nello strato più esterno cioè configurazione s^2p^6

Lewis Periodic Table Showing Outer Shell (Valence) Electrons

Struttura
di Lewis
(elettroni
di
valenza)

1	2	3	4	5	6	7	8
H•							•He•
Li•	•Be•	•B•	•C•	•N•	•O•	•F•	•Ne•
Na•	•Mg•	•Al•	•Si•	•P•	•S•	•Cl•	•Ar•
K•	•Ca•	•Ga•	•Ge•	•As•	•Se•	•Br•	•Kr•
Rb•	•Sr•	•In•	•Sn•	•Sb•	•Te•	•I•	•Xe•
Cs•	•Ba•						

Regola dell'otteto: ogni atomo tende ad acquistare, perdere o mettere in compartecipazione elettroni fino a raggiungere una condizione di stabilità corrispondente ad una configurazione elettronica esterna costituita da otto elettroni, uguale a quella del gas nobile più vicino nella tavola periodica

La regola dell'otteto permette di prevedere la reattività chimica di un elemento sulla base della sua posizione nella tavola periodica.

Group number																	18			
		1	2											13	14	15	16	17	18	
		1A	2A											3A	4A	5A	6A	7A	8A	
Periods	1	1 H $1s^1$	2																2 He $1s^2$	
	2	3 Li $2s^1$	4 Be $2s^2$											5 B $2s^2 2p^1$	6 C $2s^2 2p^2$	7 N $2s^2 2p^3$	8 O $2s^2 2p^4$	9 F $2s^2 2p^5$	10 Ne $2s^2 2p^6$	
	3	11 Na $3s^1$	12 Mg $3s^2$	3 3B	4 4B	5 5B	6 6B	7 7B	8 8B			10 10B	11 1B	12 2B	13 Al $3s^2 3p^1$	14 Si $3s^2 3p^2$	15 P $3s^2 3p^3$	16 S $3s^2 3p^4$	17 Cl $3s^2 3p^5$	18 Ar $3s^2 3p^6$
	4	19 K $4s^1$	20 Ca $4s^2$	21 Sc $3d^1 4s^2$	22 Ti $3d^2 4s^2$	23 V $3d^3 4s^2$	24 Cr $3d^5 4s^1$	25 Mn $3d^5 4s^2$	26 Fe $3d^6 4s^2$	27 Co $3d^7 4s^2$	28 Ni $3d^8 4s^2$	29 Cu $3d^{10} 4s^1$	30 Zn $3d^{10} 4s^2$	31 Ga $4s^2 4p^1$	32 Ge $4s^2 4p^2$	33 As $4s^2 4p^3$	34 Se $4s^2 4p^4$	35 Br $4s^2 4p^5$	36 Kr $4s^2 4p^6$	
	5	37 Rb $5s^1$	38 Sr $5s^2$	39 Y $4d^1 5s^2$	40 Zr $4d^2 5s^2$	41 Nb $4d^4 5s^1$	42 Mo $4d^5 5s^1$	43 Tc $4d^5 5s^2$	44 Ru $4d^7 5s^1$	45 Rh $4d^8 5s^1$	46 Pd $4d^{10}$	47 Ag $4d^{10} 5s^1$	48 Cd $4d^{10} 5s^2$	49 In $5s^2 5p^1$	50 Sn $5s^2 5p^2$	51 Sb $5s^2 5p^3$	52 Te $5s^2 5p^4$	53 I $5s^2 5p^5$	54 Xe $5s^2 5p^6$	
	6	55 Cs $6s^1$	56 Ba $6s^2$	57 *La $5d^1 6s^2$	72 Hf $5d^2 6s^2$	73 Ta $5d^3 6s^2$	74 W $5d^4 6s^2$	75 Re $5d^5 6s^2$	76 Os $5d^6 6s^2$	77 Ir $5d^7 6s^2$	78 Pt $5d^9 6s^1$	79 Au $5d^{10} 6s^1$	80 Hg $5d^{10} 6s^2$	81 Tl $6s^2 6p^1$	82 Pb $6s^2 6p^2$	83 Bi $6s^2 6p^3$	84 Po $6s^2 6p^4$	85 At $6s^2 6p^5$	86 Rn $6s^2 6p^6$	
	7	87 Fr $7s^1$	88 Ra $7s^2$	89 †Ac $6d^1 7s^2$	104 Rf $6d^2 7s^2$	105 Db $6d^3 7s^2$	106 Sg $6d^4 7s^2$	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 (271.15)	111 (272.15)	112 (277)		114 (285)		116 (289)			

Lanthanides

Actinides

58 Ce $4f^2 6s^2$	59 Pr $4f^3 6s^2$	60 Nd $4f^4 6s^2$	61 Pm $4f^5 6s^2$	62 Sm $4f^6 6s^2$	63 Eu $4f^7 6s^2$	64 Gd $4f^7 5d^1 6s^2$	65 Tb $4f^9 6s^2$	66 Dy $4f^{10} 6s^2$	67 Ho $4f^{11} 6s^2$	68 Er $4f^{12} 6s^2$	69 Tm $4f^{13} 6s^2$	70 Yb $4f^{14} 6s^2$	71 Lu $4f^{14} 5d^1 6s^2$
90 Th $6d^2 7s^2$	91 Pa $5f^2 6d^1 7s^2$	92 U $5f^3 6d^1 7s^2$	93 Np $5f^4 6d^1 7s^2$	94 Pu $5f^6 7s^2$	95 Am $5f^7 7s^2$	96 Cm $5f^7 6d^1 7s^2$	97 Bk $5f^9 7s^2$	98 Cf $5f^{10} 7s^2$	99 Es $5f^{11} 7s^2$	100 Fm $5f^{12} 7s^2$	101 Md $5f^{13} 7s^2$	102 No $5f^{14} 7s^2$	103 Lr $5f^{14} 6d^1 7s^2$

Li $1s^2 2s^1$ per raggiungere la configurazione dell'He perde l'elettrone più esterno (in catione)

Be $1s^2 2s^2$ perde 2 elettroni (in catione bivalente)

F $1s^2 2s^2 p^5$ ha un solo elettrone in meno rispetto al gas nobile Neon ($1s^2 2s^2 p^6$) tenderà o ad acquistare un elettrone oppure a dividerne il suo con un altro

O $1s^2 2s^2 p^4$ ha due elettroni in meno rispetto al gas nobile Neon tenderà a dividerne due.

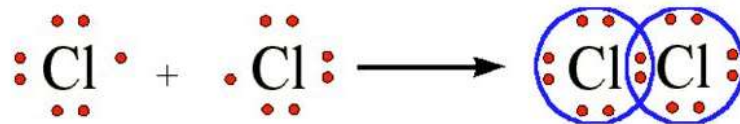
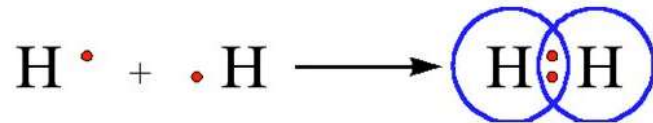
Cl $1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^5$ ha un solo elettrone in meno rispetto al gas nobile Argon ($1s^2 2s^2 p^6 3s^2 p^6$) tenderà o ad acquistare un elettrone (ione positivo monovalente) oppure a dividerne il suo con un altro

C $1s^2 2s^2 p^2$ gli mancano 4 elettroni per raggiungere la configurazione del gas nobile che lo segue il neon quindi condivisione di quattro elettroni con altri atomi

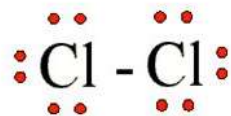
Legame covalente

Due atomi condividono gli elettroni di valenza o alcuni di essi. I due atomi risultano legati perché i due nuclei attraggono simultaneamente gli elettroni condivisi.

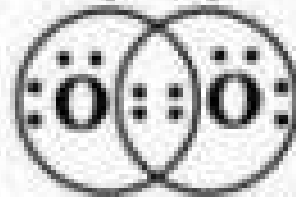
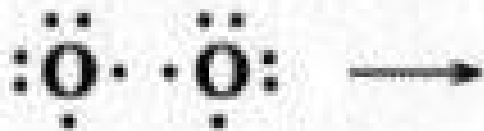
Gli elettroni che partecipano alla formazione del legame è come se fossero localizzati tra i due atomi coinvolti nel legame



Covalente puro
(apolare)



Ottetti



due coppie condivise
di elettroni



legame covalente
doppio

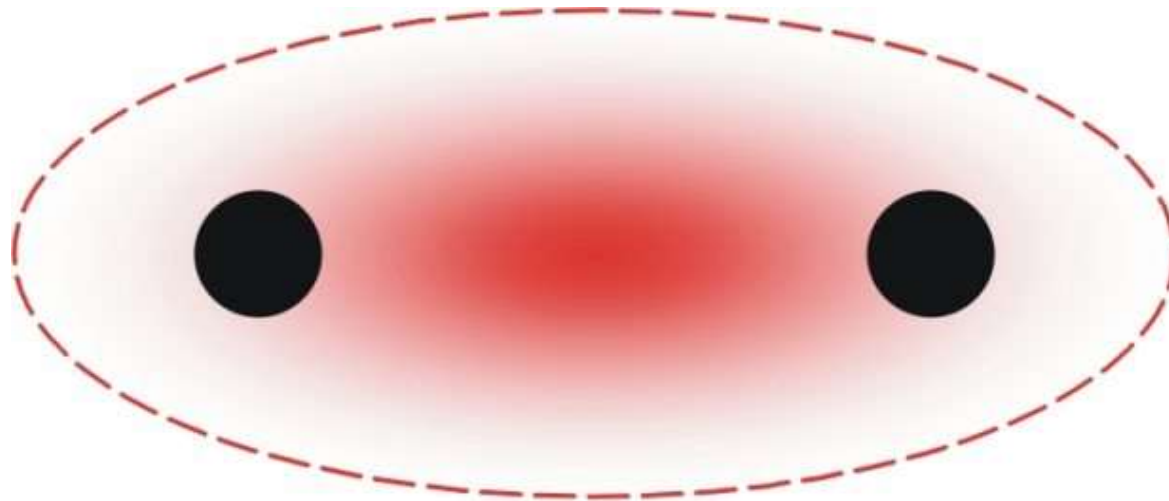


Orbitale molecolare

Secondo la teoria degli orbitali molecolari, quando si forma una molecola gli orbitali degli atomi che la compongono si «sovrappongono» e si trasformano in orbitali della molecola.

Ogni orbitale molecolare è descritto da una funzione matematica d'onda Ψ .

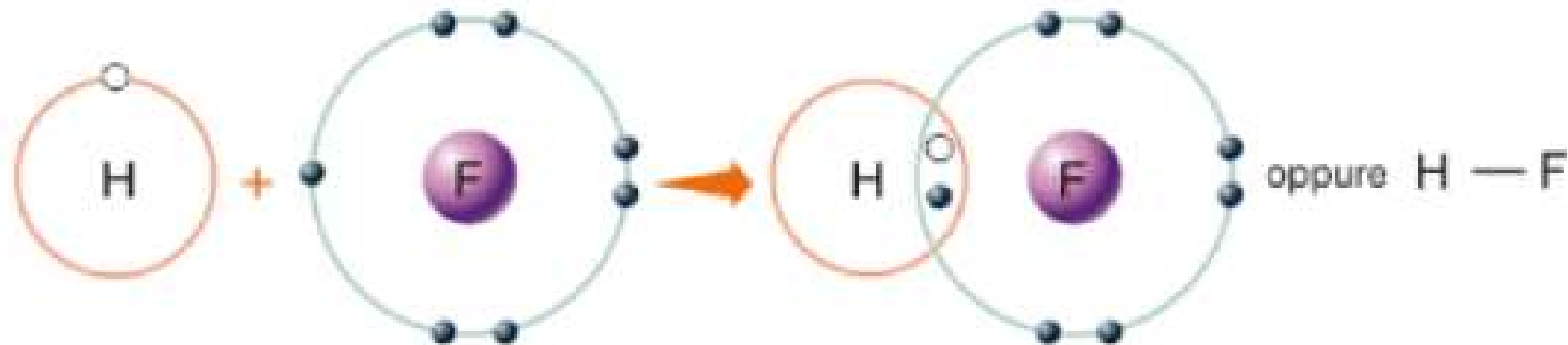
Il valore dell'energia di un orbitale molecolare corrisponde all'energia necessaria per allontanare un elettrone dall'orbitale



Legame covalente polare: si forma tra atomi diversi con **differente elettronegatività**

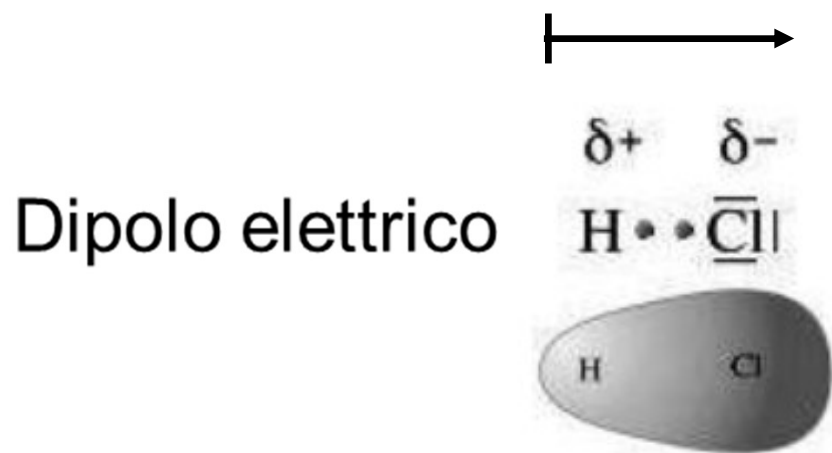


indica il potere di attrazione di un atomo nei confronti degli elettroni del legame con un altro atomo (scala di Pauling, definito una scala arbitraria assegnando il valore minimo (0,7) al francio e massimo (4) al fluoro)



La nube elettronica degli elettroni che costituiscono il legame covalente è statisticamente spostata verso l'atomo più elettronegativo

La coppia di elettroni che costituisce il legame covalente risulta spostata verso l'atomo più elettronegativo (in questo caso il Cl). Quest'ultimo acquista quindi una carica parzialmente negativa (δ^-), mentre l'altro atomo (nel nostro caso H) assume una carica parzialmente positiva (δ^+). Si viene a creare pertanto un **dipolo** (due poli) ed il legame corrispondente viene chiamato **legame covalente polare**.



Momento di dipolo molecolare

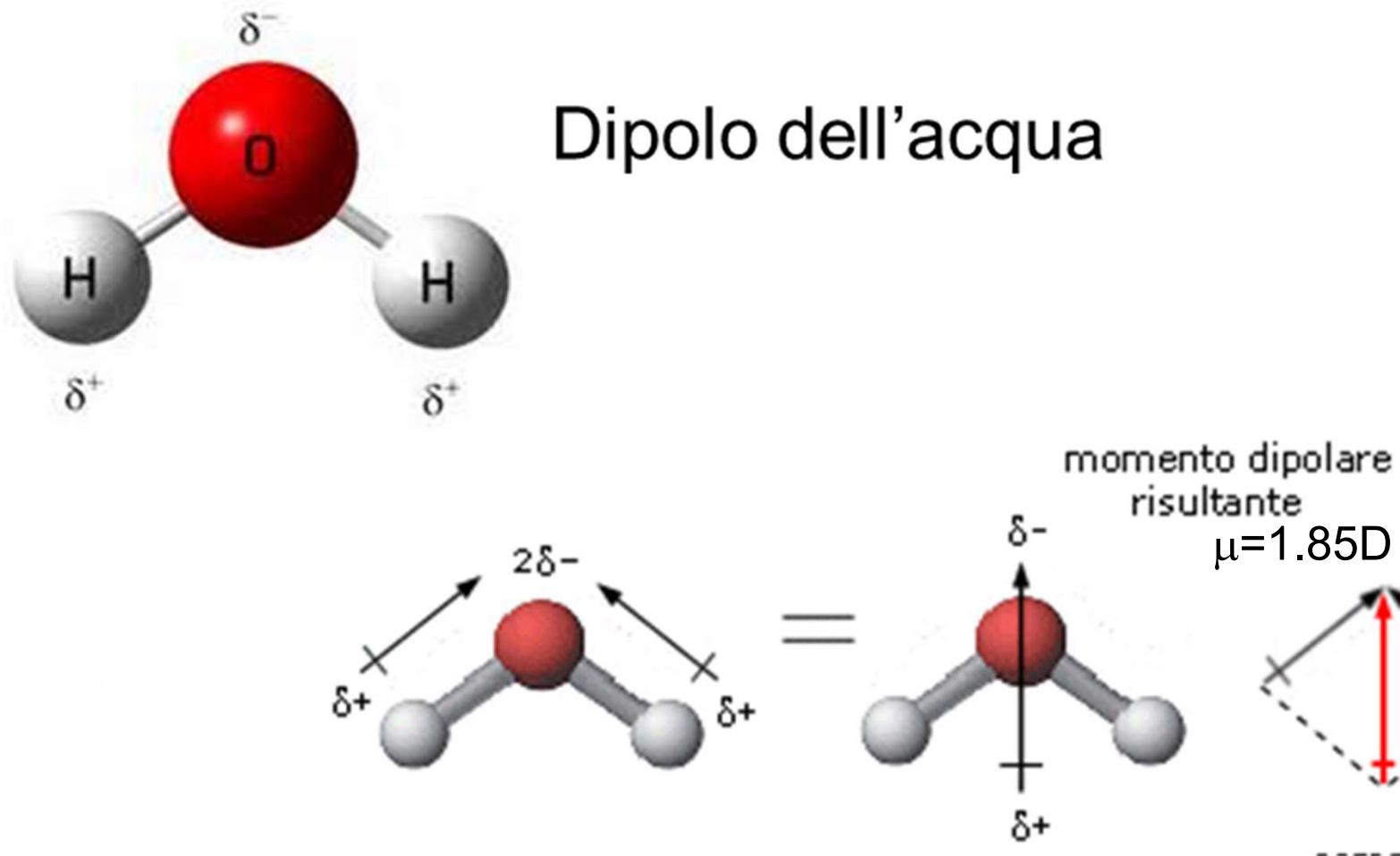
NB: la molecola è complessivamente neutra, ma presenta una separazione di carica internamente

il momento dipolare di un simile dipolo viene definito dal prodotto della carica elettrica δ positiva o negativa per la distanza r dei centri delle due cariche elettriche e cioè:

momento dipolare o dipolo elettrico = $\mu = \delta \times r$ (debye, D; SI, Coulomb * metro)

momento di dipolo, è una grandezza vettoriale con verso diretto verso il polo negativo

è una **grandezza vettoriale additiva** - il momento di dipolo di una molecola intera è la somma vettoriale dei singoli momenti dipolari

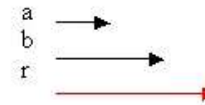


Il momento dipolare totale è uguale alla somma vettoriale dei momenti dipolari dei singoli legami

Somma di vettori

1.

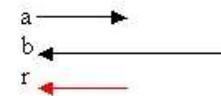
◆ *Stessa direzione e verso*



Il vettore somma avrà ◆ la stessa direzione e lo stesso verso dei primi due e per modulo la somma dei due moduli.

2.

◆ *Stessa direzione, ma verso opposto*

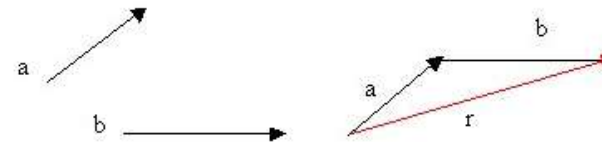


Il vettore somma avrà ◆ la stessa direzione dei due vettori, come verso quello con intensità ◆ maggiore e come modulo la differenza dei moduli.

3.

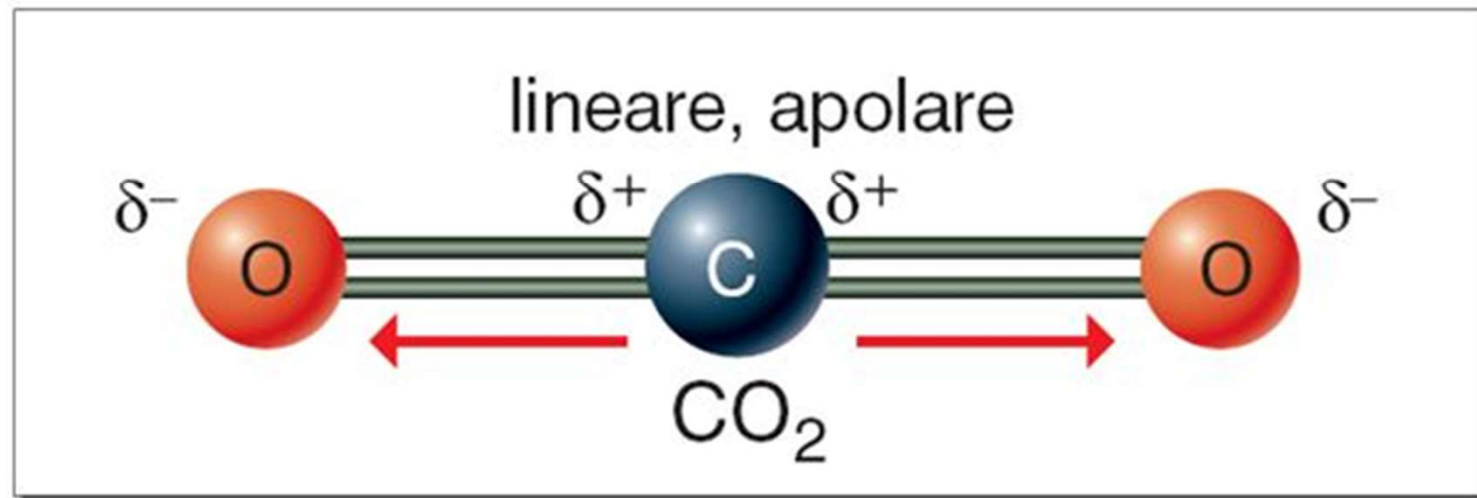
◆ *Direzione diversa*

3. Regola del triangolo:



Si fa coincidere il primo estremo di ◆ b ◆ con il secondo di ◆ a ◆. Il terzo lato che serve a completare il triangolo sarà ◆ il vettore somma.

La polarità di una molecola dipende sia dalla presenza di legami covalenti sia dalla geometria



L'elettronegatività dipende dall'affinità elettronica e dall'energia di ionizzazione

Proprietà periodiche degli elementi

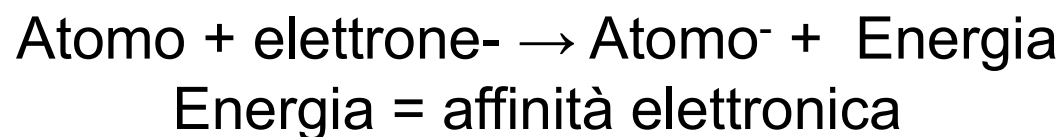
- ✓ Raggio atomico
- ✓ Affinità elettronica
- ✓ Energia di ionizzazione
- ✓ Elettronegatività

Raggio atomico nella tavola periodica

Raggio atomico nella tavola periodica																	
H 0.3																	He 0.93
Li 1.23	Be 1.06											B 0.88	C 0.77	N 0.70	O .66	F .64	Ne 1.12
Na 1.86	Mg 1.60											Al 1.43	Si 1.17	P 1.10	S 1.04	Cl 0.99	Ar 1.54
K 2.31	Ca 1.97	Sc 1.60	Ti 1.46	V 1.31	Cr 1.25	Mn 1.29	Fe 1.26	Co 1.25	Ni 1.24	Cu 1.28	Zn 1.33	Ga 1.22	Ge 1.22	As 1.21	Se 1.17	Br 1.14	Kr 1.69
Rb 2.44	Sr 2.15	Y 1.80	Zr 1.57	Nb 1.41	Mo 1.36	Tc 1.31	Ru 1.33	Rh 1.34	Pd 1.38	Au 1.44	Co 1.49	In 1.62	Sn 1.40	Sb 1.41	Te 1.37	I 1.33	Xe 1.90
Cs 2.62	Ba 2.17	La 1.88	Hf 1.57	Ta 1.43	W 1.37	Re 1.37	Os 1.34	Ir 1.35	Pt 1.38	Au 1.44	Hg 1.55	Tl 1.71	Pb 1.75	Bi 1.46	Po 1.4	At 1.4	Rn 2.2
Fr 2.7	Ra 2.2	Ac 2.0															

Affinità elettronica

energia, espressa in Kcal/mol (o KJ/mol), liberata da una mole di atomi neutri allo stato gassoso quando si trasforma in una mole di anioni monovalenti.



Andamento dell'affinità elettronica nella tavola periodica

Associabile alle dimensioni dell'atomo: è tanto maggiore quanto più piccolo è il volume atomico. Infatti più piccolo è un atomo, tanto più vicino al nucleo si collocherà l'elettrone acquistato, liberando maggiori quantità di energia.

Pertanto: **l'affinità elettronica aumenta dal basso verso l'alto in un gruppo e da sinistra a destra in un periodo.**

a destra in un periodo.

Affinità Elettronica (kJ mol⁻¹)

1	H 73																	He
2	Li 60	Be										B 27	C 122	N 7	O 141	F 328	Ne	
3	Na 53	Mg										Al 42	Si 134	P 72	S 200	Cl 349	Ar	
4	K 48	Ca 2	Sc 18	Ti 8	V 51	Cr 65	Mn	Fe 15	Co 64	Ni 112	Cu 119	Zn	Ga 41	Ge 119	As 79	Se 195	Br 353	Kr
5	Rb 47	Sr 5	Y 30	Zr 41	Nb 86	Mo 72	Tc 53	Ru 101	Rh 110	Pd 54	Ag 126	Cd	In 39	Sn 107	Sb 101	Te 190	I 295	Xe
6	Cs 45	Ba 14	La 45	Hf 31	Ta 79	W 14	Re 104	Os 151	Ir 205	Pt 223	Au	Hg	Tl 36	Pb 35	Bi 91	Po 183	At 270	Rn
7	Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo

Energia di ionizzazione

Energia, espressa in Kcal/mol (o KJ/mol), necessaria ad una mole di atomi allo stato gassoso per trasformarla in una mole di cationi monovalenti.

L'atomo che perde l'elettrone, mantiene inalterato il numero di protoni del nucleo e assume una carica positiva. Si forma uno ione positivo, o catione.

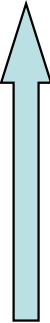


Andamento dell'energia di ionizzazione nella tavola periodica

l'energia di ionizzazione aumenta dal basso verso l'alto in un gruppo e da sinistra a destra in un periodo.



Energia di Prima Ionizzazione (kJ mol ⁻¹)																		
1	H 1312																	He 2372
2	Li 520	Be 900											B 801	C 1086	N 1402	O 1314	F 1681	Ne 2081
3	Na 496	Mg 738											Al 578	Si 786	P 1012	S 1000	Cl 1251	Ar 1521
4	K 419	Ca 590	Sc 631	Ti 658	V 650	Cr 653	Mn 717	Fe 759	Co 758	Ni 737	Cu 745	Zn 906	Ga 579	Ge 762	As 947	Se 941	Br 1140	Kr 1351
5	Rb 403	Sr 549	Y 616	Zr 660	Nb 664	Mo 685	Tc 702	Ru 711	Rh 720	Pd 805	Ag 731	Cd 868	In 558	Sn 709	Sb 834	Te 869	I 1008	Xe 1170
6	Cs 356	Ba 503	La 538	Hf 680	Ta 761	W 770	Re 760	Os 840	Ir 880	Pt 870	Au 890	Hg 1007	Tl 589	Pb 716	Bi 703	Po 812	At 890	Rn 1037
7	Fr 384	Ra 509	Ac 499	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo
			Ce 527	Pr 523	Nd 530	Pm 536	Sm 543	Eu 547	Gd 593	Tb 565	Dy 572	Ho 581	Er 589	Tm 597	Yb 603	Lu 524		
			Th 587	Pa 568	U 584	Np 597	Pu 585	Am 578	Cm 581	Bk 601	Cf 608	Es 619	Fm 627	Md 635	No 642	Lr 473		



L'elettronegatività **aumenta dal basso verso l'alto** nei gruppi e **da sinistra a destra** in un periodo. Per questo motivo gli elementi più elettronegativi si trovano a destra in alto e quelli meno elettronegativi in basso a sinistra

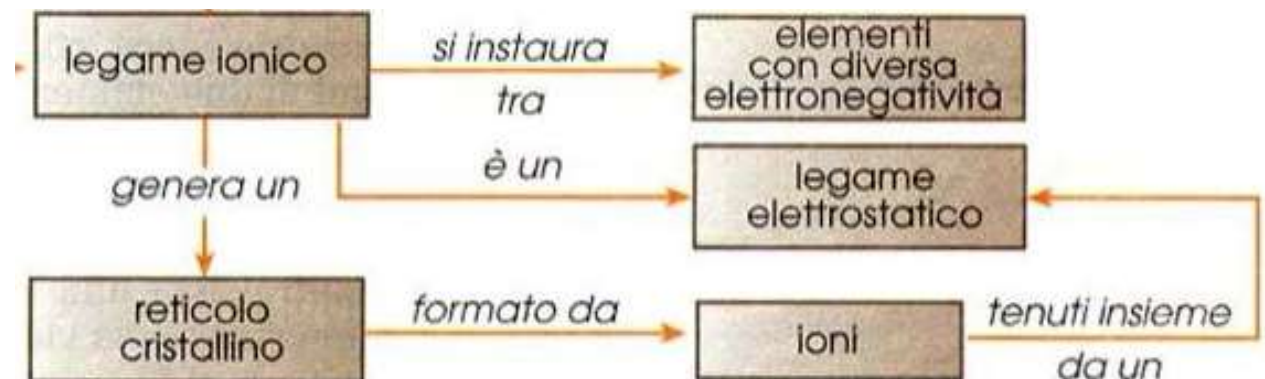
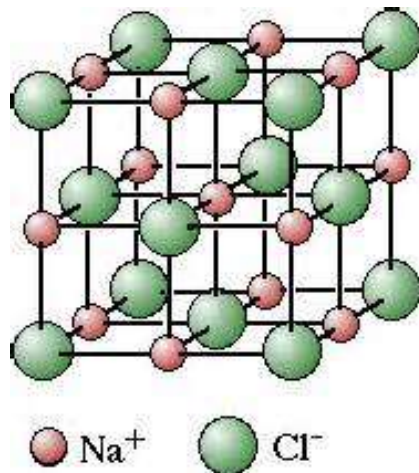
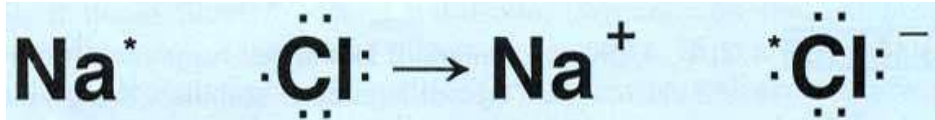
Elettronegatività (Pauling)																																														
H 2.20																		He																												
Li 0.98	Be 1.57											B 2.04	C 2.55	N 3.04	O 3.44	F 3.98	Ne																													
Na 0.93	Mg 1.31											Al 1.61	Si 1.90	P 2.19	S 2.58	Cl 3.16	Ar																													
K 0.82	Ca 1.0	Sc 1.36	Ti 1.54	V 1.63	Cr 1.66	Mn 1.55	Fe 1.83	Co 1.88	Ni 1.91	Cu 1.90	Zn 1.65	Ga 1.81	Ge 2.01	As 2.18	Se 2.55	Br 2.96	Kr																													
Rb 0.82	Sr 0.95	Y 1.22	Zr 1.33	Nb 1.6	Mo 2.16	Tc 1.9	Ru 2.2	Rh 2.28	Pd 2.20	Ag 1.93	Cd 1.69	In 1.78	Sn 1.80	Sb 2.05	Te 2.1	I 2.66	Xe																													
Cs 0.79	Ba 0.89	La 1.10	Hf 1.3	Ta 1.5	W 2.36	Re 1.9	Os 2.2	Ir 2.20	Pt 2.28	Au 2.54	Hg 2.00	Tl 1.62	Pb 1.87	Bi 2.02	Po 2.0	At 2.2	Rn																													
Fr 0.7	Ra 0.9	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt	Ds	Rg	Uub	Uut	Uuq	Uup	Uuh	Uus	Uuo																													
<table> <tr> <td>Ce 1.12</td> <td>Pr 1.13</td> <td>Nd 1.14</td> <td>Pm 1.14</td> <td>Sm 1.17</td> <td>Eu 1.2</td> <td>Gd 1.29</td> <td>Tb 1.2</td> <td>Dy 1.22</td> <td>Ho 1.23</td> <td>Er 1.24</td> <td>Tm 1.25</td> <td>Yb 1.1</td> <td>Lu 1.27</td> </tr> <tr> <td>Th 1.1</td> <td>Pa 1.5</td> <td>U 1.38</td> <td>Np 1.36</td> <td>Pu 1.28</td> <td>Am 1.3</td> <td>Cm 1.3</td> <td>Bk 1.3</td> <td>Cf 1.3</td> <td>Es 1.3</td> <td>Fm 1.3</td> <td>Md 1.3</td> <td>No 1.3</td> <td>Lr</td> </tr> </table>																			Ce 1.12	Pr 1.13	Nd 1.14	Pm 1.14	Sm 1.17	Eu 1.2	Gd 1.29	Tb 1.2	Dy 1.22	Ho 1.23	Er 1.24	Tm 1.25	Yb 1.1	Lu 1.27	Th 1.1	Pa 1.5	U 1.38	Np 1.36	Pu 1.28	Am 1.3	Cm 1.3	Bk 1.3	Cf 1.3	Es 1.3	Fm 1.3	Md 1.3	No 1.3	Lr
Ce 1.12	Pr 1.13	Nd 1.14	Pm 1.14	Sm 1.17	Eu 1.2	Gd 1.29	Tb 1.2	Dy 1.22	Ho 1.23	Er 1.24	Tm 1.25	Yb 1.1	Lu 1.27																																	
Th 1.1	Pa 1.5	U 1.38	Np 1.36	Pu 1.28	Am 1.3	Cm 1.3	Bk 1.3	Cf 1.3	Es 1.3	Fm 1.3	Md 1.3	No 1.3	Lr																																	

Quanto maggiore è la differenza di elettronegatività fra i due atomi che formano il legame, tanto più elevata è la polarità del legame. Quando la **differenza di elettronegatività fra i due elementi che intendono legarsi è superiore a 1.9**, avviene un trasferimento di elettroni dall'atomo meno elettronegativo all'atomo più elettronegativo. Si realizza in questo caso un legame ionico.

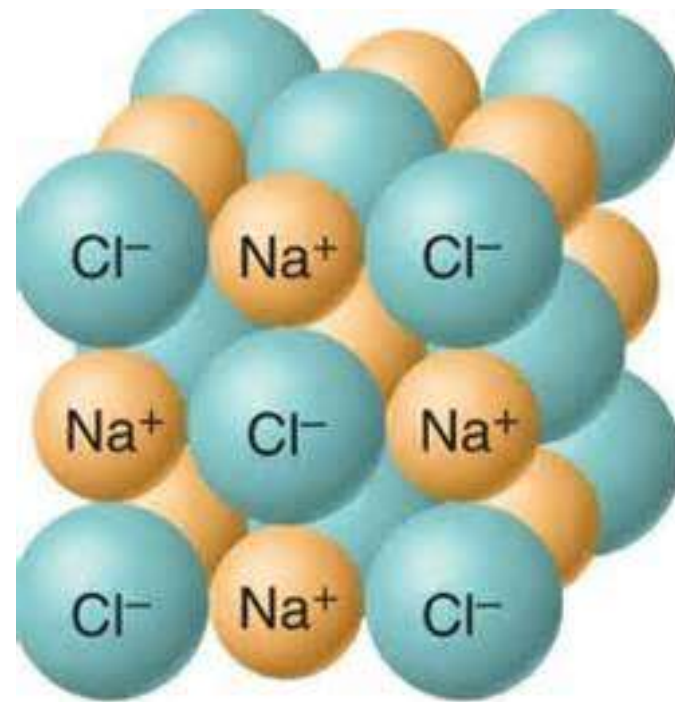
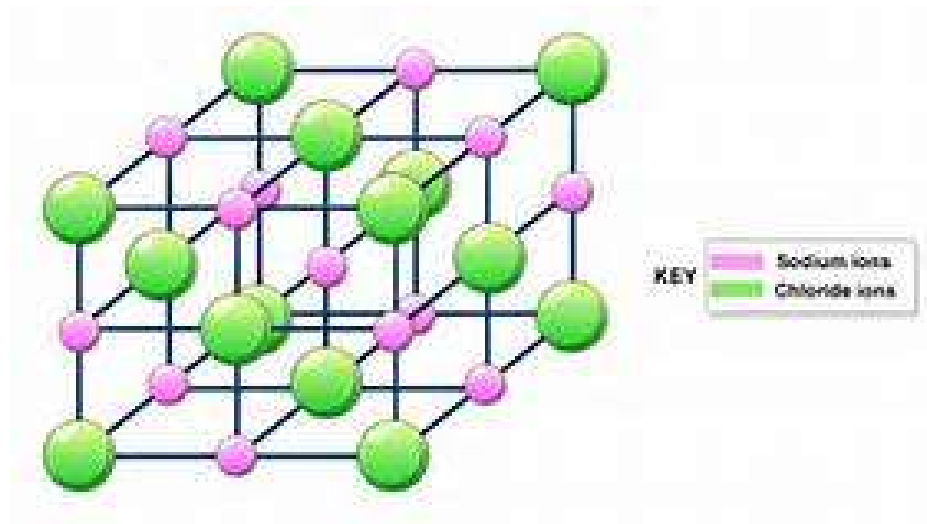
Quanto maggiore è la differenza di elettronegatività fra i due atomi che formano il legame, tanto più elevata è la polarità del legame. Quando la differenza di elettronegatività fra i due elementi che intendono legarsi è superiore a 1.9, avviene un trasferimento di elettroni dall'atomo meno elettronegativo all'atomo più elettronegativo. Si realizza in questo caso un **legame ionico**.

Legame ionico: forza di attrazione elettrostatica che si stabilisce tra due ioni di carica opposta.

- Il legame ionico si forma tra atomi o gruppi di atomi tra i quali sia avvenuto uno scambio di elettroni: l'atomo o il gruppo atomico che cede elettroni si trasforma in ione positivo (catione), l'atomo o il gruppo atomico che acquista elettroni si trasforma in ione negativo (anione).
- Questo legame comporta una forte interazione attrattiva elettrostatica e si definisce **ionico** perché l'attrazione riguarda ioni di segno opposto, che si formano a partire da atomi neutri di elementi diversi con elettronegatività differente



Poichè un campione massivo di materia è elettricamente neutro, i composti contenenti ioni, contengono sempre sia cationi che anioni, in modo da neutralizzare la carica complessiva



NaCl crystal

Legami deboli o Forze intermolecolari (di van der Waals)

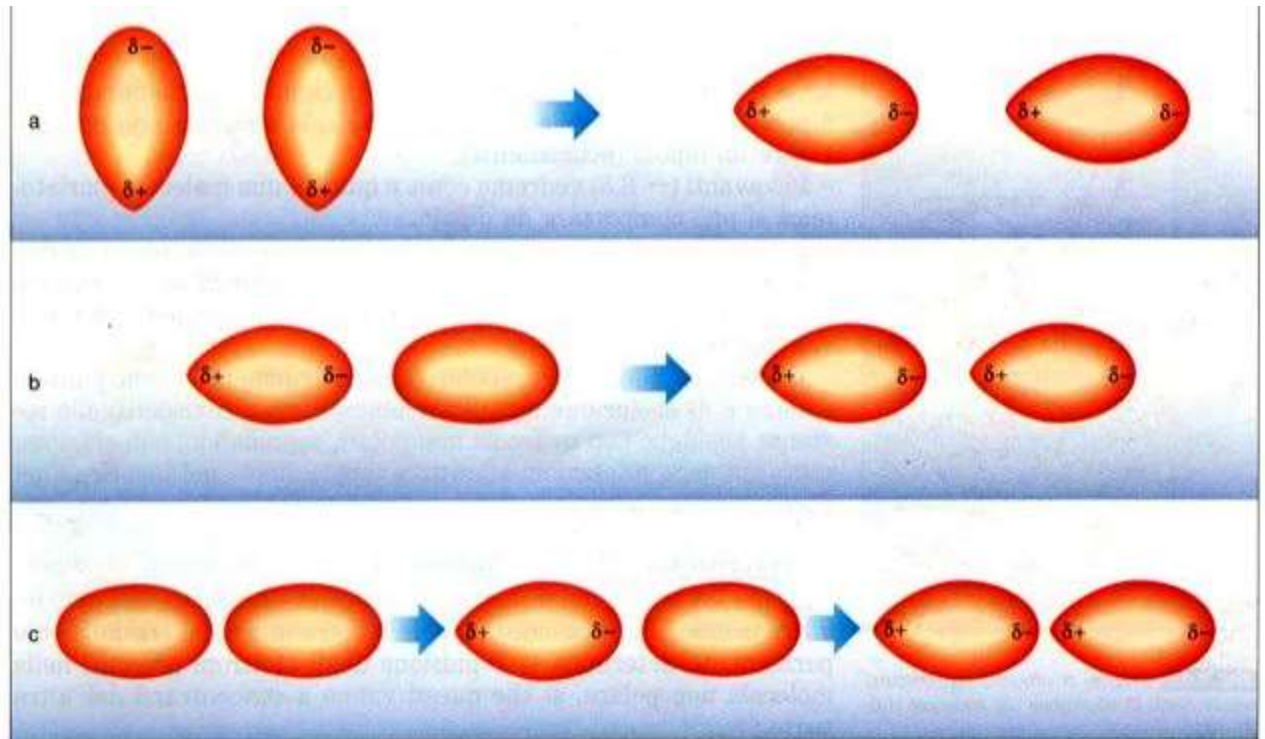
- I legami deboli includono le interazioni tra molecole o molecole-ioni
- legami intermolecolari hanno una forza nettamente inferiore rispetto a quella dei legami interatomici; scisse per innalzamento della temperatura (0.05 e 40 kJ/mol)

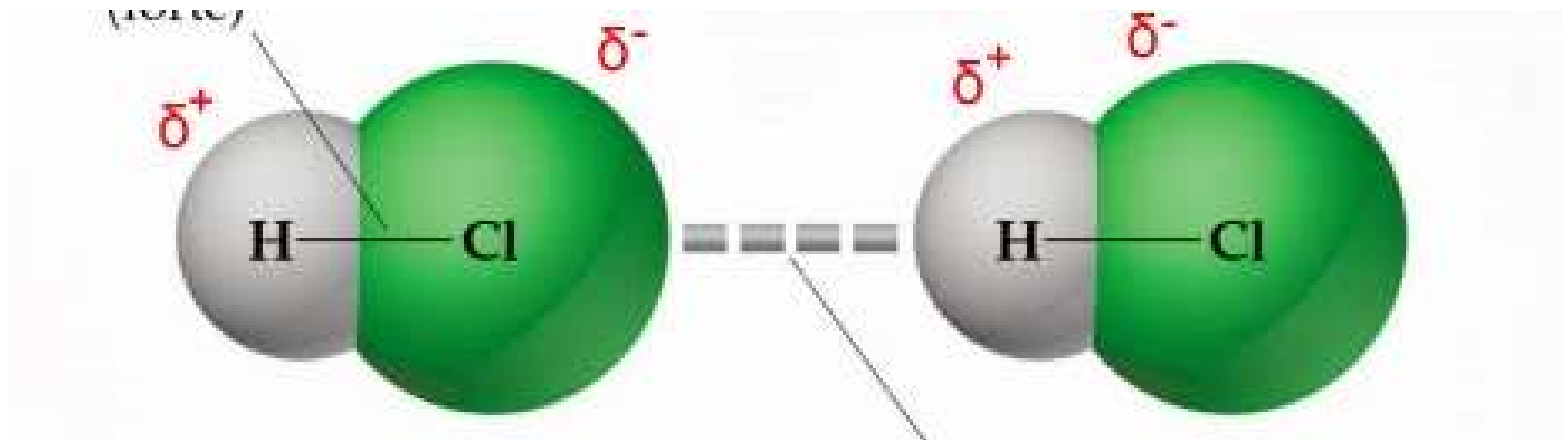
•interazioni dipolo/dipolo:

tra le estremità opposte delle molecole polari (forze di orientamento o di Keesom)

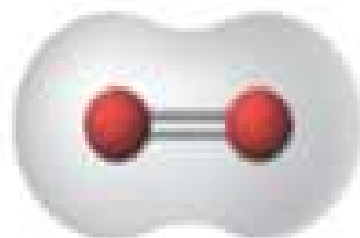
•**interazioni dipolo/dipolo indotto**: tra molecole con dipolo permanente che inducono la formazione di dipoli. (forze di Debye)

• **Forze di London o dipolo istantaneo**: interazioni tra molecole non polari, dovute a dipoli istantanei



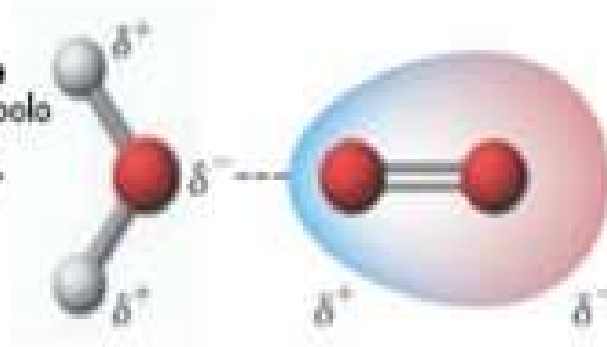


H₂O



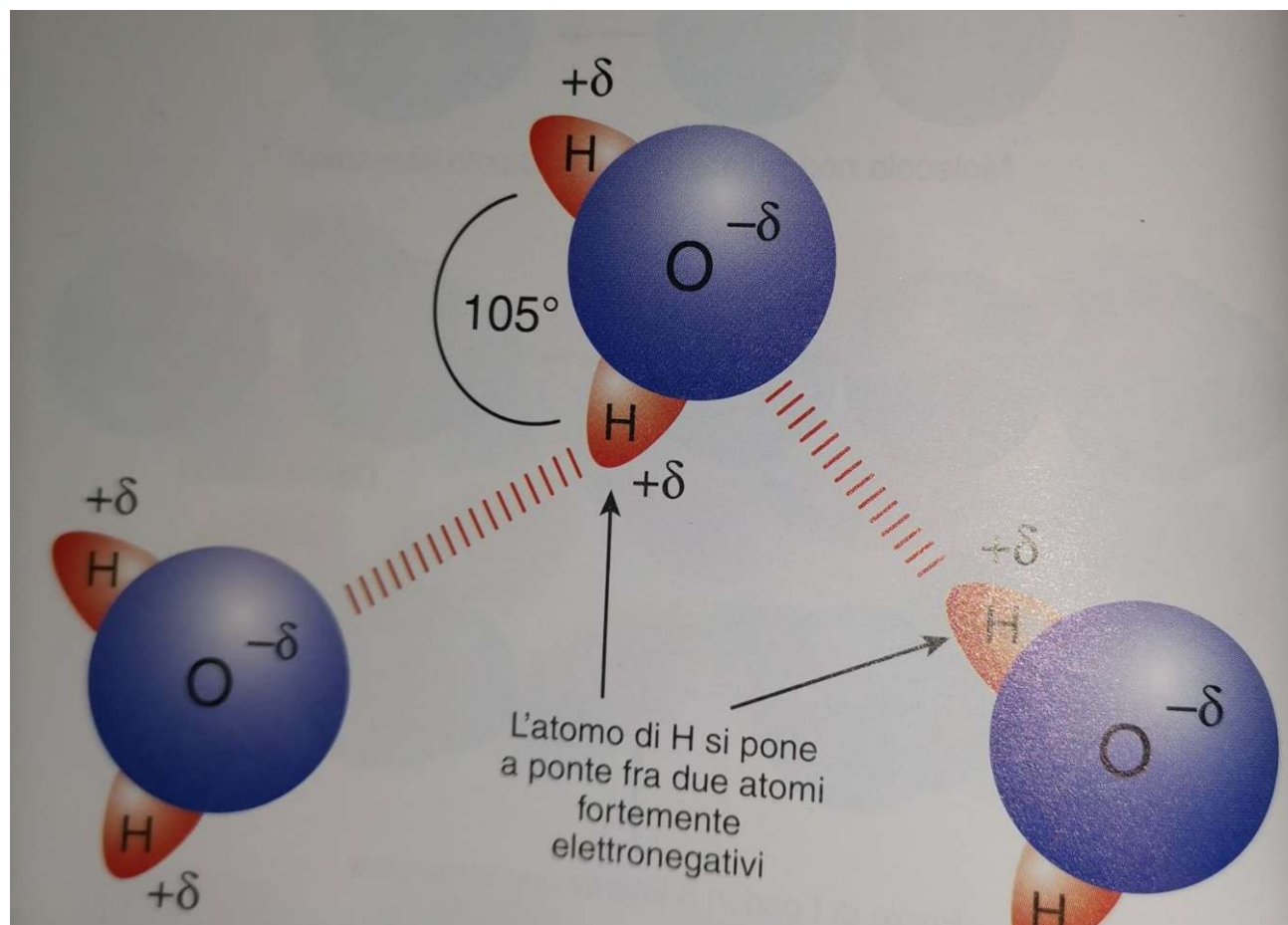
O₂

Il dipolo dell'acqua
distorce la nuvola elettronica
di O₂, trasformandola in dipolo

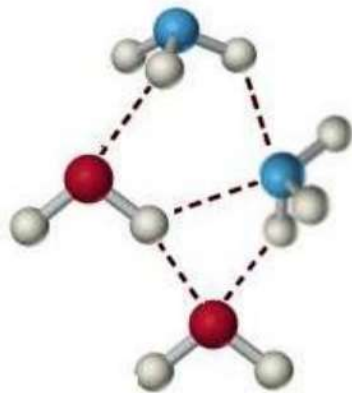


Legame idrogeno

Il **legame a idrogeno** o **ponte a idrogeno** è un caso particolare di forza intermolecolare in cui è implicato un **atomo di idrogeno** coinvolto in un legame covalente con elementi **molto elettronegativi** (come fluoro (F), ossigeno (O), azoto (N)), i quali attraggono a sé gli elettroni di valenza, acquisendo una parziale carica negativa (δ^-) **lasciando** l'idrogeno con una parziale carica positiva (δ^+)



Il legame a idrogeno si forma quando **la parziale carica positiva dell'idrogeno viene in contatto con un doppietto elettronico di un elemento fortemente elettronegativo** (fluoro, ossigeno o azoto), il quale lega l'H (che viene definito *accettore*, invece l'elemento dove è legato l'H viene definito *donatore*)

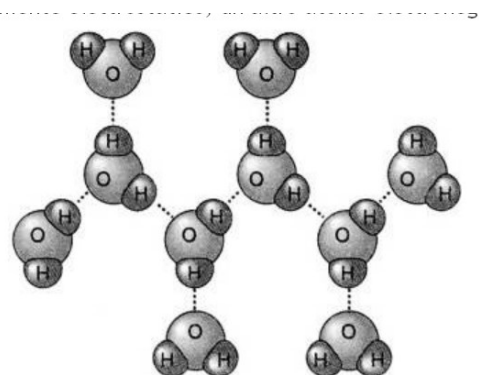


Legami idrogeno tra ammoniaca e acqua

Proprietà fisiche delle sostanze che possono formare legami idrogeno

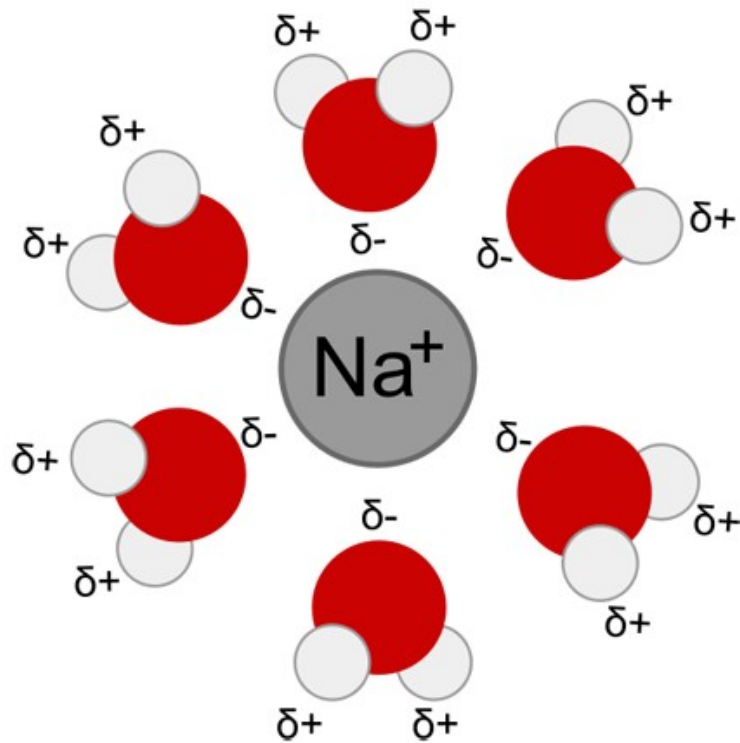
Mantiene le molecole interessate più distanti fra loro rispetto agli altri tipi di legami-densità.

Allo stato solido una molecola d'acqua è legata con legame idrogeno ad altre quattro molecole, allo stato liquido questa struttura viene demolita e le molecole non sono più costrette in una struttura espansa come quella del solido, è per questo che il ghiaccio è meno denso dell'acqua, la temperatura infatti induce la rottura di alcuni legami idrogeno presenti nel ghiaccio e ciò permette alle molecole di compattarsi

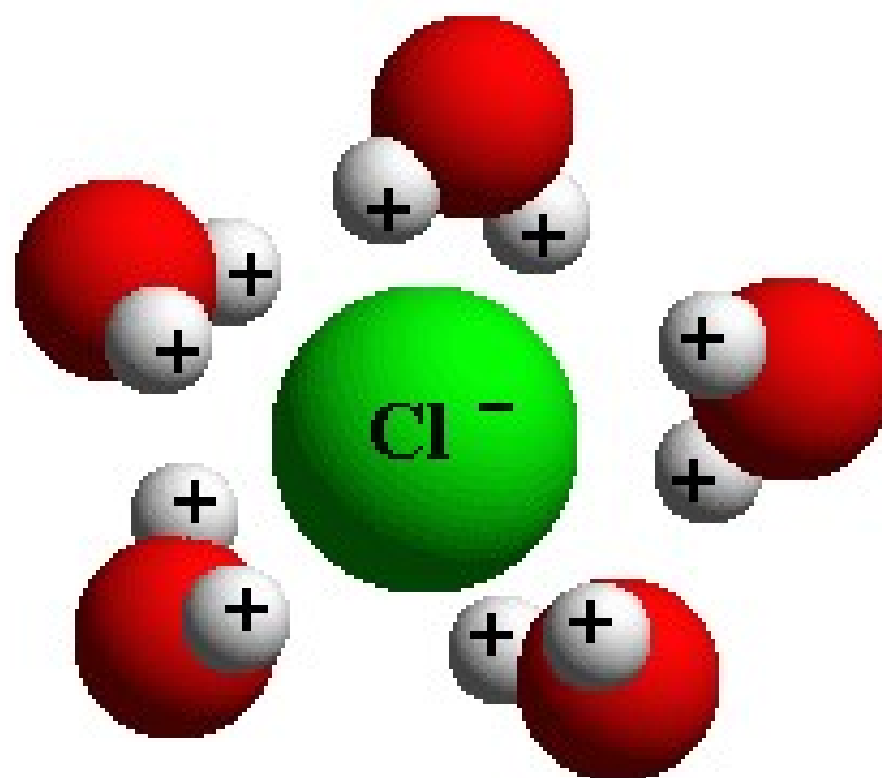


Interazioni ione-dipolo

Tra le cariche unitarie di uno ione e la frazione di carica di segno opposto di un dipolo (tra 5 e 60 kJ/mol)



Solvatazione o idratazione dello ione



Transizioni di fase

Una sostanza può esistere in tre stati fisici:
solido liquido gassoso

Il processo di passaggio da uno stato fisico all'altro si chiama
transizione di fase o **cambiamento di stato**

Vi sono sei possibili tipi di transizione di fase

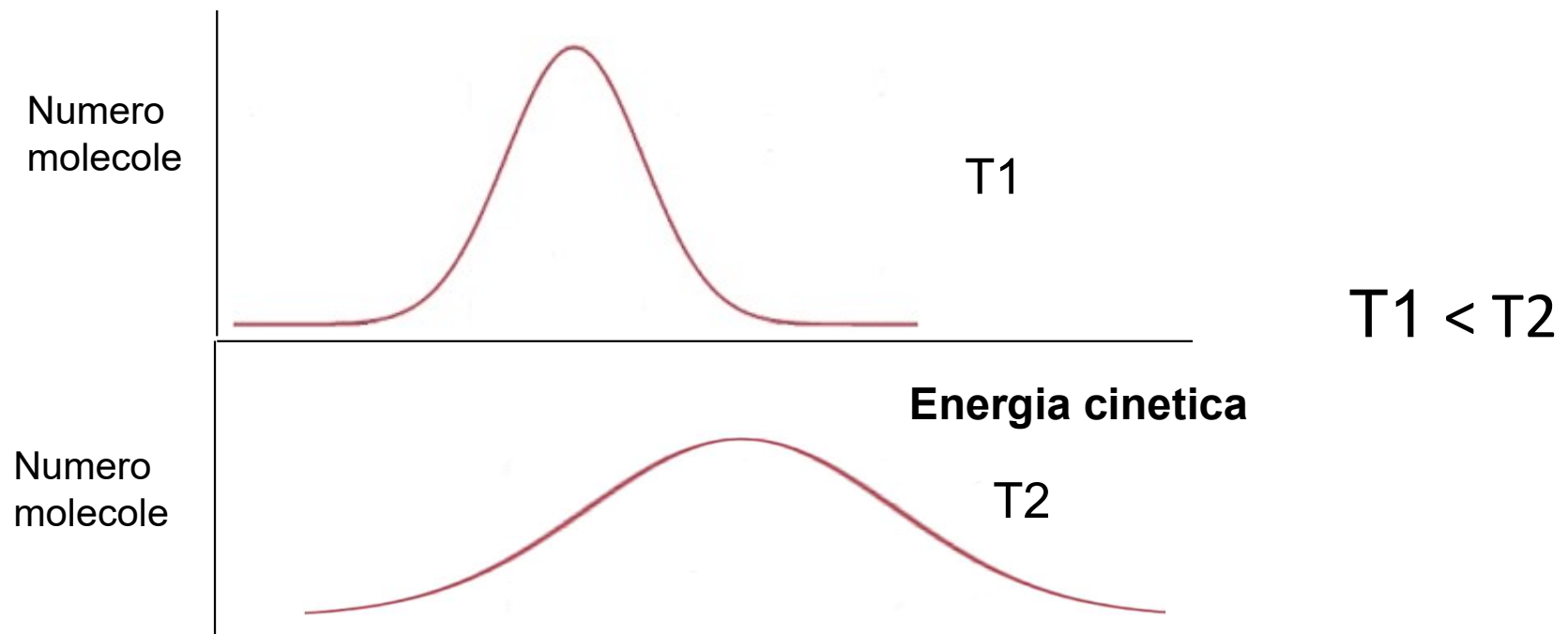
Solido-----liquido	FUSIONE
Solido-----gas	SUBLIMAZIONE
Liquido-----solido	SOLIDIFICAZIONE o Congelamento
Liquido -----gas	EVAPORAZIONE
Gas-----liquido	CONDENSAZIONE o LIQUEFAZIONE
Gas-----solido	CONDENSAZIONE o DEPOSIZIONE

L'energia cinetica è l'energia posseduta da un corpo in movimento. E' l'energia cinetica corrisponde al lavoro che serve a un corpo per passare da una velocità nulla a una conosciuta.

L' energia cinetica di una particella di massa m e velocità v è $K = \frac{1}{2} m v^2$

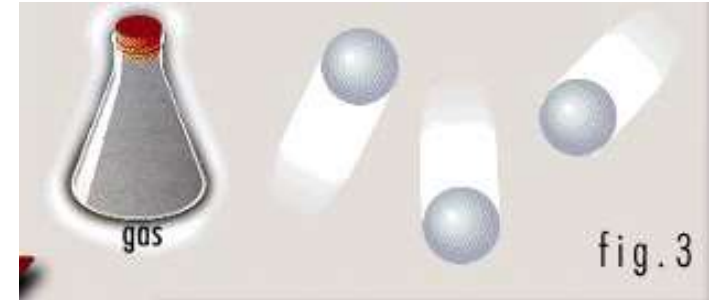
L'energia cinetica media (velocità) di tutte le particelle in un sistema dipende dalla temperatura; maggiore è la temperatura maggiore è l'energia cinetica media delle particelle.

L'**energia cinetica media** è la *media aritmetica* di tutte le energie cinetiche delle singole molecole



Stato gassoso: movimento disordinato delle molecole con elevata energia cinetica

- Non hanno forma
- Possono espandersi
- Possono essere compressi
- Sono completamente miscibili



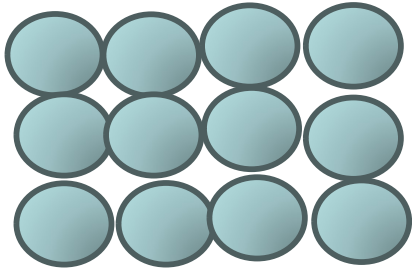
Stato liquido: stato intermedio. Le molecole sono più vicine, meno libere di muoversi, ma ancora disordinate



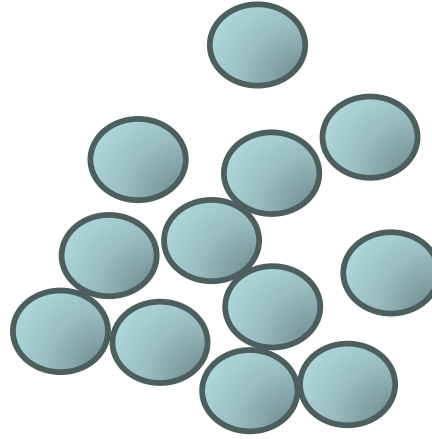
Stato solido: energia cinetica non prevale sulle forze di interazione intermolecolare. Non libertà di movimento ma solo possibilità di oscillazioni intorno ad una posizione di equilibrio (moti vibrazionali). Molecole occupano **posizioni stabili e**, in molti solidi, **regolari**.



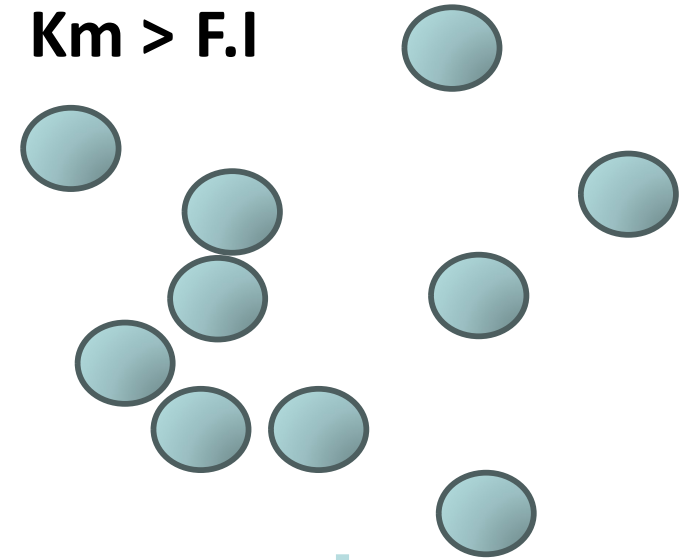
$K_m < F.I.$



$K_m \sim F.I.$

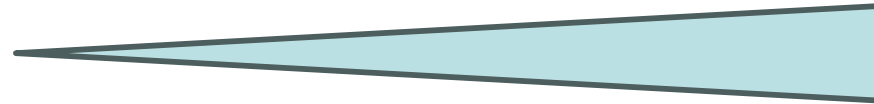


$K_m > F.I.$



K_m = E cinetica media

F.I. = forze intermolecolari



Temperatura

La pressione di un gas è dovuta agli urti delle singole molecole del gas sulle pareti del recipiente

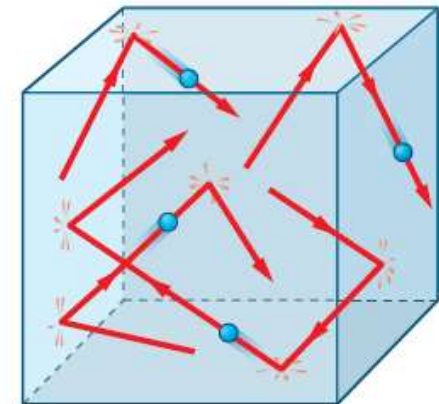
pressione (Pa)

$$p = \frac{2NK_{media}}{3V}$$

numero di molecole

energia cinetica media (J)

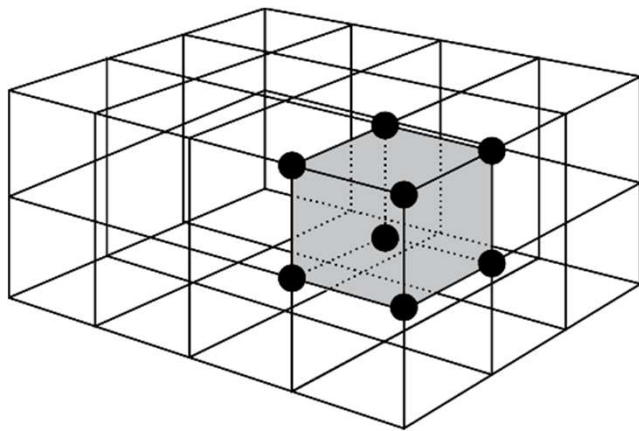
volume (m^3)



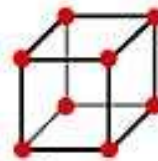
Molti solidi hanno una struttura interna ordinata (**STRUTTURA CRISTALLINA**) Esistono anche solidi che non hanno una struttura cristallina: sono detti solidi- **amorfi**

- **ionici**
- **covalenti molecolari**
- **covalenti macromolecolari**
- **covalenti metallici**

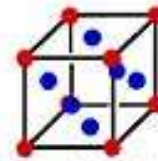
Particelle (atomi, molecole o ioni) si presentano in una distribuzione regolare e periodica che può essere descritta con un **modello geometrico regolare a reticolo** formato da un **insieme di punti detti nodi** che sono le stesse particelle del solido



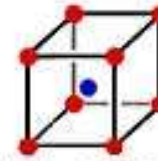
Unità strutturale ripetitiva nelle 3 dimensioni : cella elementare



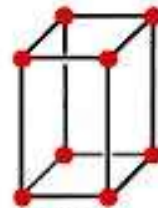
Simple cubic



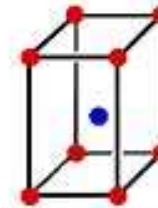
Face-centered cubic



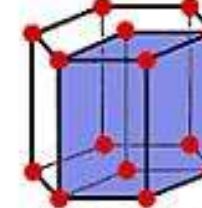
Body-centered cubic



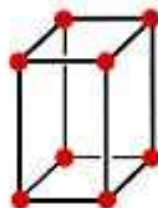
Simple tetragonal



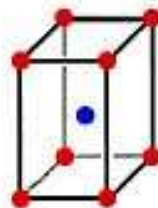
Body-centered tetragonal



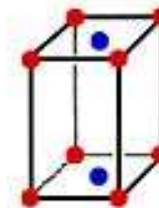
Hexagonal



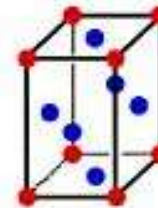
Simple orthorhombic



Body-centered orthorhombic



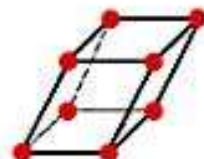
Base-centered orthorhombic



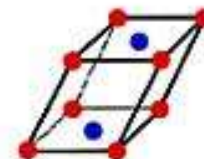
Face-centered orthorhombic



Rhombohedral



Simple Monoclinic



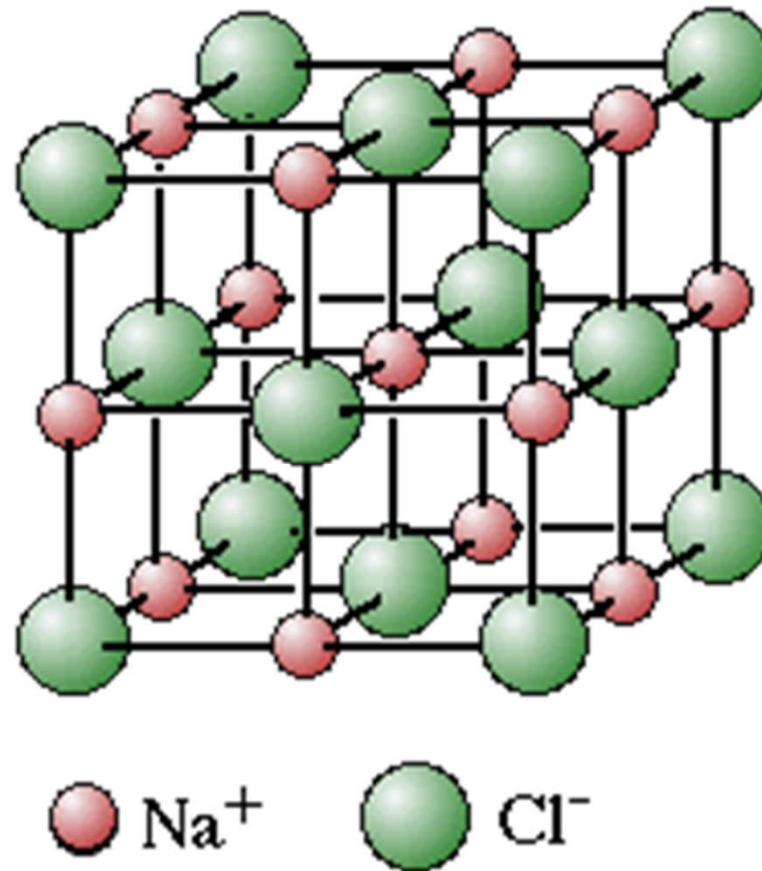
Base-centered monoclinic



Triclinic

IONICI

L'edificio cristallino è costituito da ioni mono- o poliatomici trattenuti tra loro da intense interazioni elettrostatiche di tipo coulombiano



Duri e fragili, si sfaldano se colpiti lungo un piano
Punti di fusione elevati
Solubili in acqua (solventi polari)

Solidi covalenti molecolari

Sono costituiti da singole molecole mono- o poliatomiche (I_2 , H_2 , O_2 , CO_2 ,e gran parte dei composti organici) tenute assieme nel reticolo cristallino dalle forze di van der Waals.

Le energie intermolecolari di natura attrattiva nei cristalli molecolari sono comprese fra 10-70 kJ/mol, energie molto inferiori a quella dei legami chimici (200-1000 kJ/mol)

I cristalli molecolari sono molto teneri, hanno basse temperature di fusione (< 400 °C o decompongono prima di fondere) e sono molto volatili

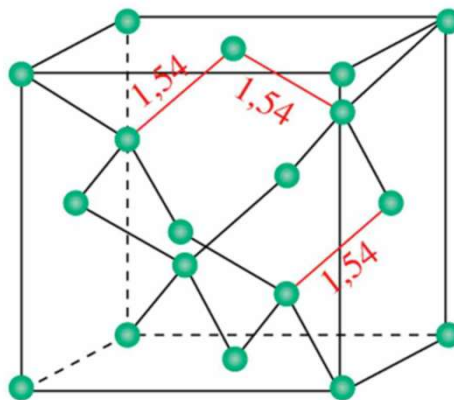
Solidi Covalenti macromolecolari

Atomi nel cristallo sono tutti direttamente legati tramite legami di natura covalente, di modo che nel cristallo non sono individuabili singole molecole (il cristallo può essere visto come un'unica macromolecola)

L'energia dei legami nei cristalli covalenti è molto elevata, simile a quella dei legami covalenti.

Diamante, duro e alto fondente ($4100\text{ }^{\circ}\text{C}$)

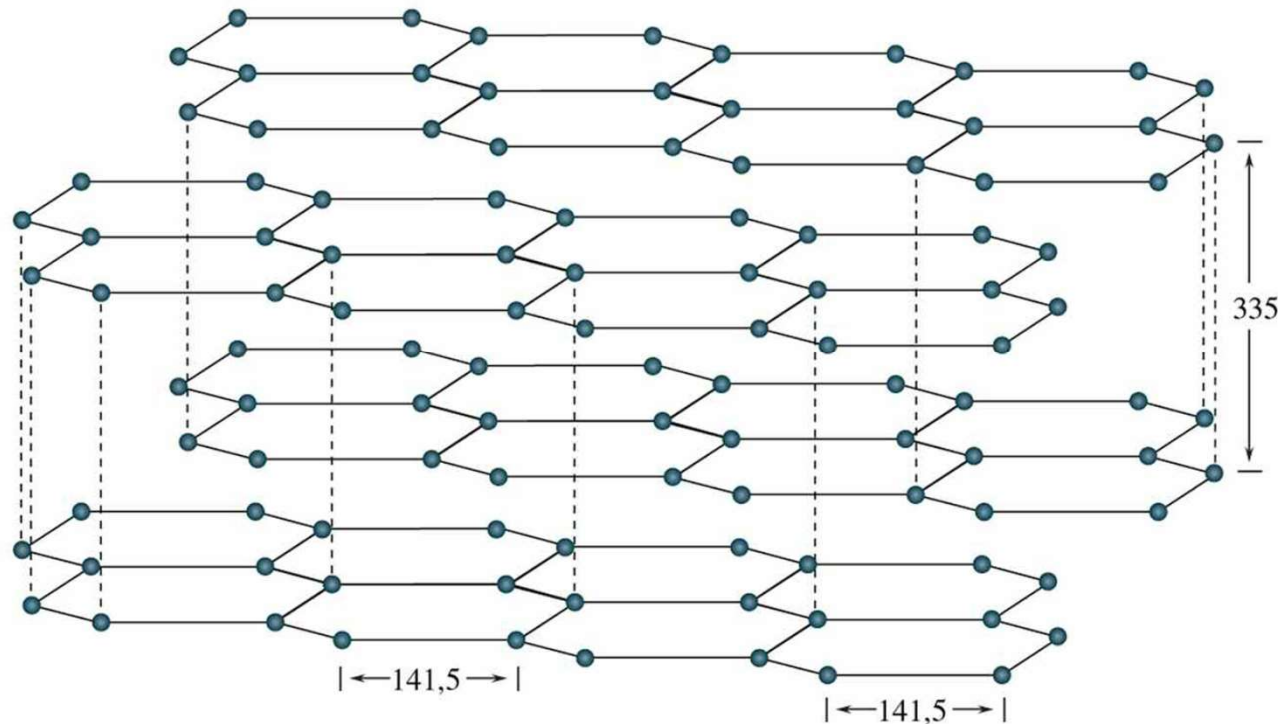
Ogni atomo di C lega covalentemente ai 4 atomi di C posti ai vertici di un tetraedro al cui centro c'è l'atomo in questione



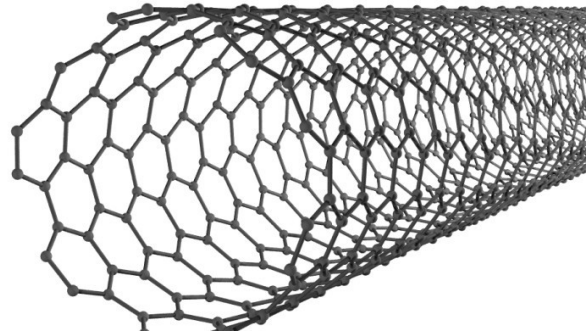
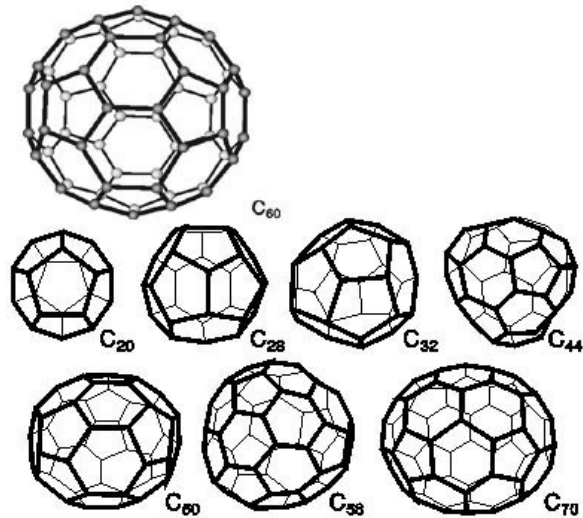
Struttura della grafite

Costituiti da strati di atomi legati tra loro covalentemente (come nei cristalli covalenti) ma i cui singoli strati sono trattenuti tra loro solo dalle forze di *van der Waals* (come tra le molecole nei cristalli molecolari)

Strutture planari costituite da anelli esagonali condensati

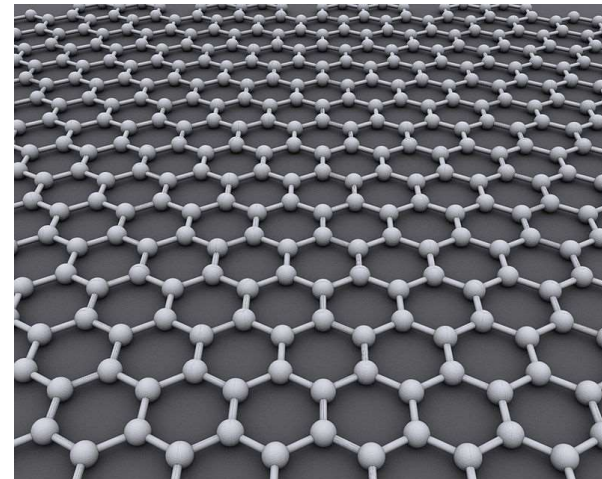


Fullerene



Grafene

Strato monoatomico di atomi di carbonio (avente cioè uno spessore equivalente alle dimensioni di un solo atomo). Ha la resistenza meccanica del diamante e la flessibilità della plastica



Solidi Metallici

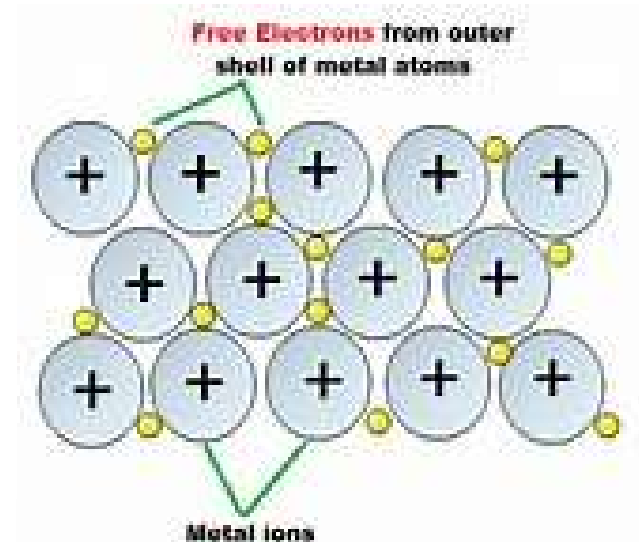
Tranne Hg, tutti i metalli solidi a T ambiente

Reticolo compatto di cationi (+) del metallo

Elettroni di valenza delocalizzati (legame metallico)
poco attratti dai cationi

Possiamo quindi immaginare un cristallo metallico come costituito da un reticolo di ioni positivi immersi in un mare di elettroni che ne costituiscono l'elemento legante.

Questo modello spiega alcune proprietà caratteristiche dei metalli: sono buoni conduttori infatti gli elettroni sono liberi di muoversi all'interno del reticolo cristallino; sono **duttili**, cioè possono essere trasformati in fili sottili e sono **malleabili** (cioè possono essere ridotti in lamine) infatti gli elettroni mobili permettono agli ioni positivi del metallo di "scivolare" gli uni sugli altri, senza compromettere la compattezza della struttura.



Caratteristiche peculiari dei LIQUIDI

VISCOSITA'

Viscosità: parametro che misura la resistenza opposta da un liquido allo scorrimento

Dipende dalle forze di coesione intermolecolari ma anche dalle simmetrie strutturali e dalle dimensioni e dalla temperatura

Es. liquidi costituiti da molecole piccole e asimmetriche sono meno viscosi di quelli costituiti da molecole grandi e simmetriche

Viene misurata come Newton sec/m² o come Pa X sec.

La FLUIDITA' è l'inverso della viscosità

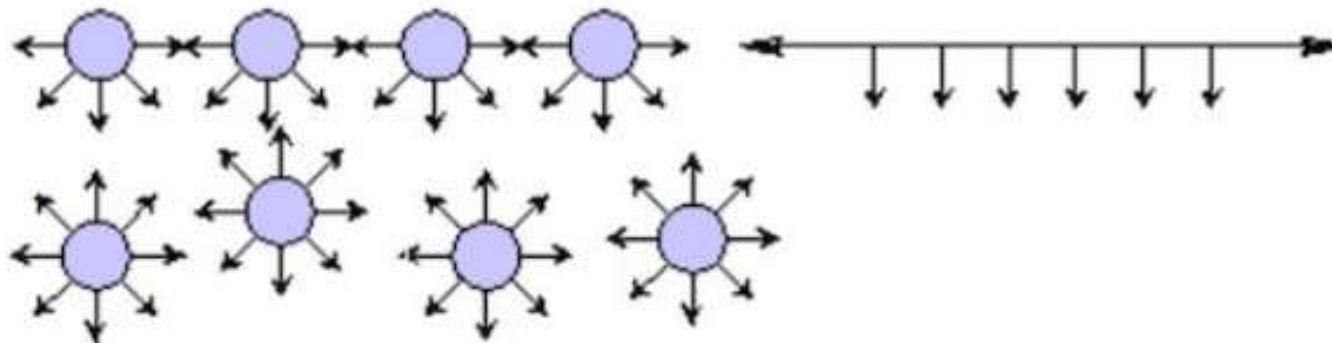
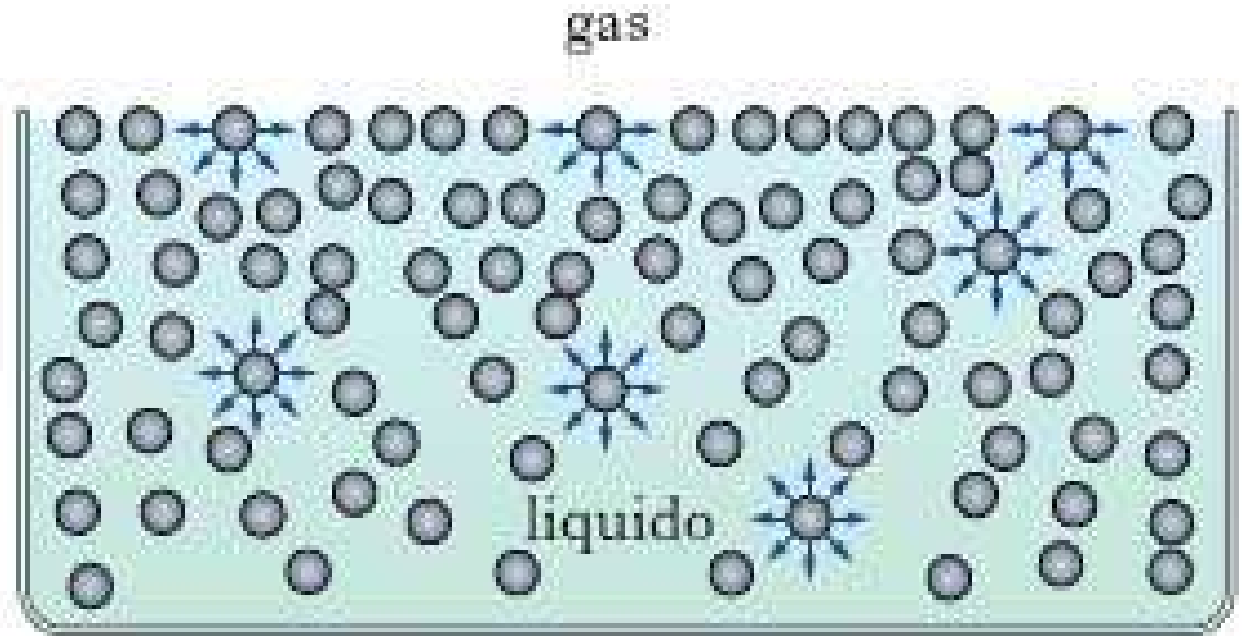




Tensione superficiale

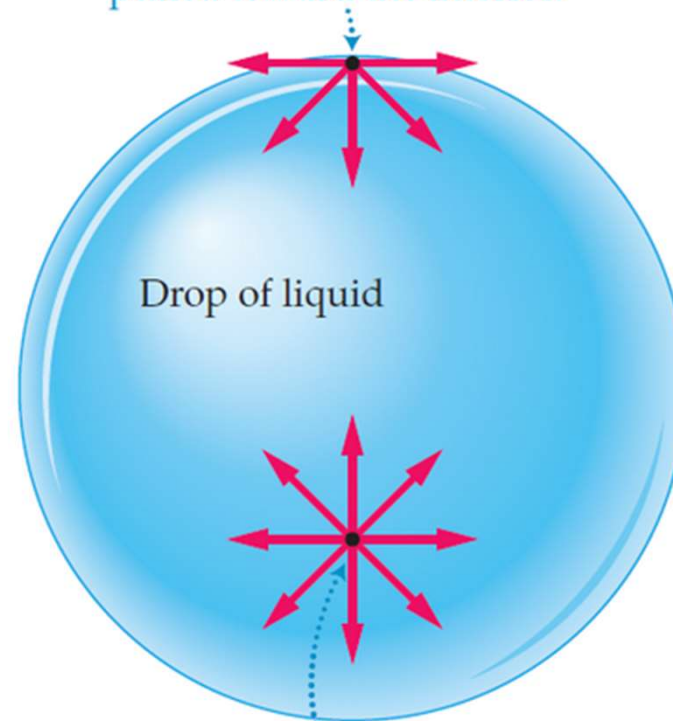


Superficie di separazione





A molecule on the surface is pulled toward the interior.



An interior molecule is pulled by its neighbors equally in all directions.

Definizione di tensione superficiale da un punto di vista quantitativo

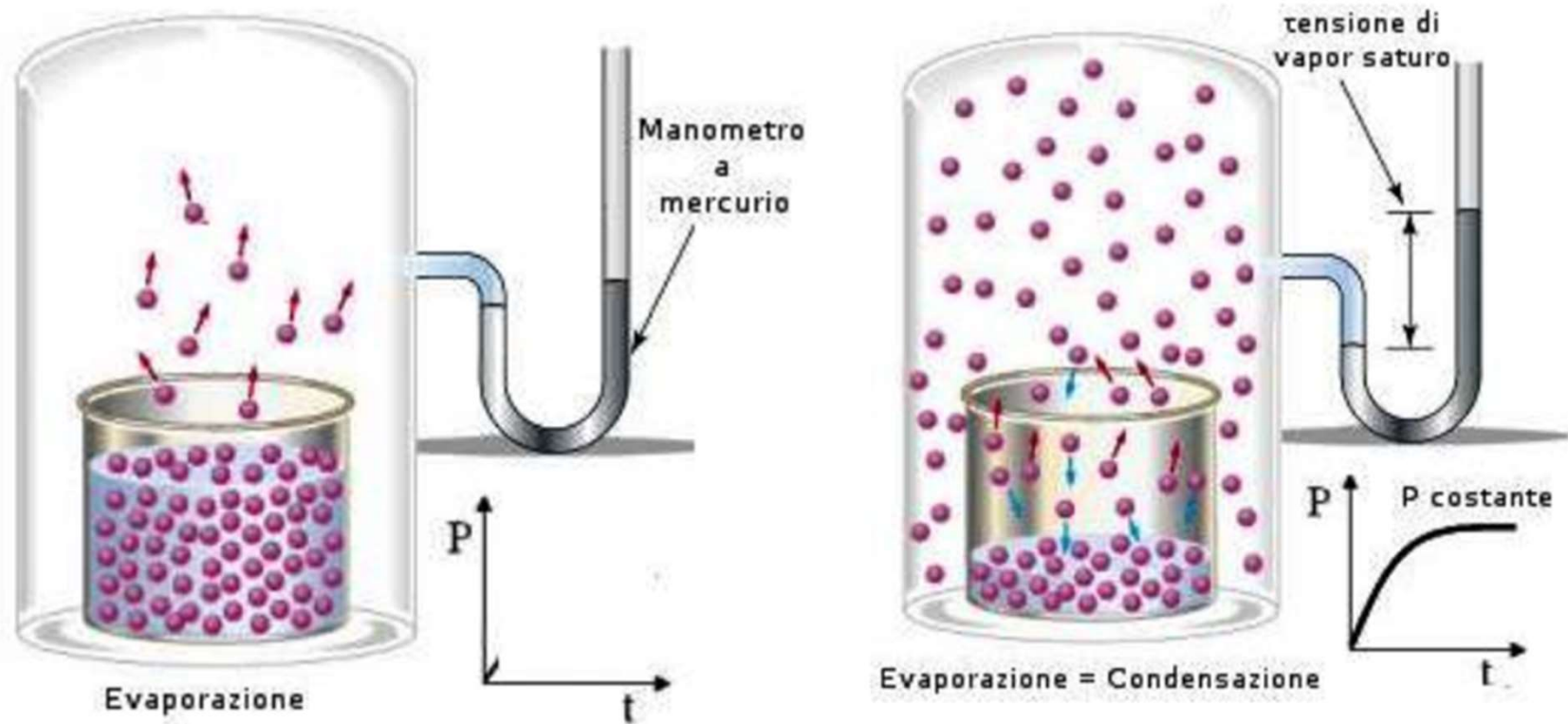
Immaginiamo di effettuare idealmente un taglio della lunghezza di 1 cm nello strato superficiale di un liquido: viene indicata come **tensione superficiale del liquido la forza**, tangente alla superficie e perpendicolare al taglio, che tiene unite le due labbra di questo.

La tensione superficiale viene espressa in N/m e indicata con la lettera greca γ (gamma).

Nella tabella seguente sono riportati i valori della tensione superficiale di alcuni liquidi a contatto con l'aria calcolati alla temperatura di 20° C.

Liquido	Tensione superficiale (N/m)
Acqua	0,073
Mercurio	0,559
Benzene	0,029
Olio di oliva	0,0319

La tensione di vapore



Dipende dalla massa molecolare, forze intermolecolari
Dipende dalla Temperatura (aumenta con la T)

Evaporazione

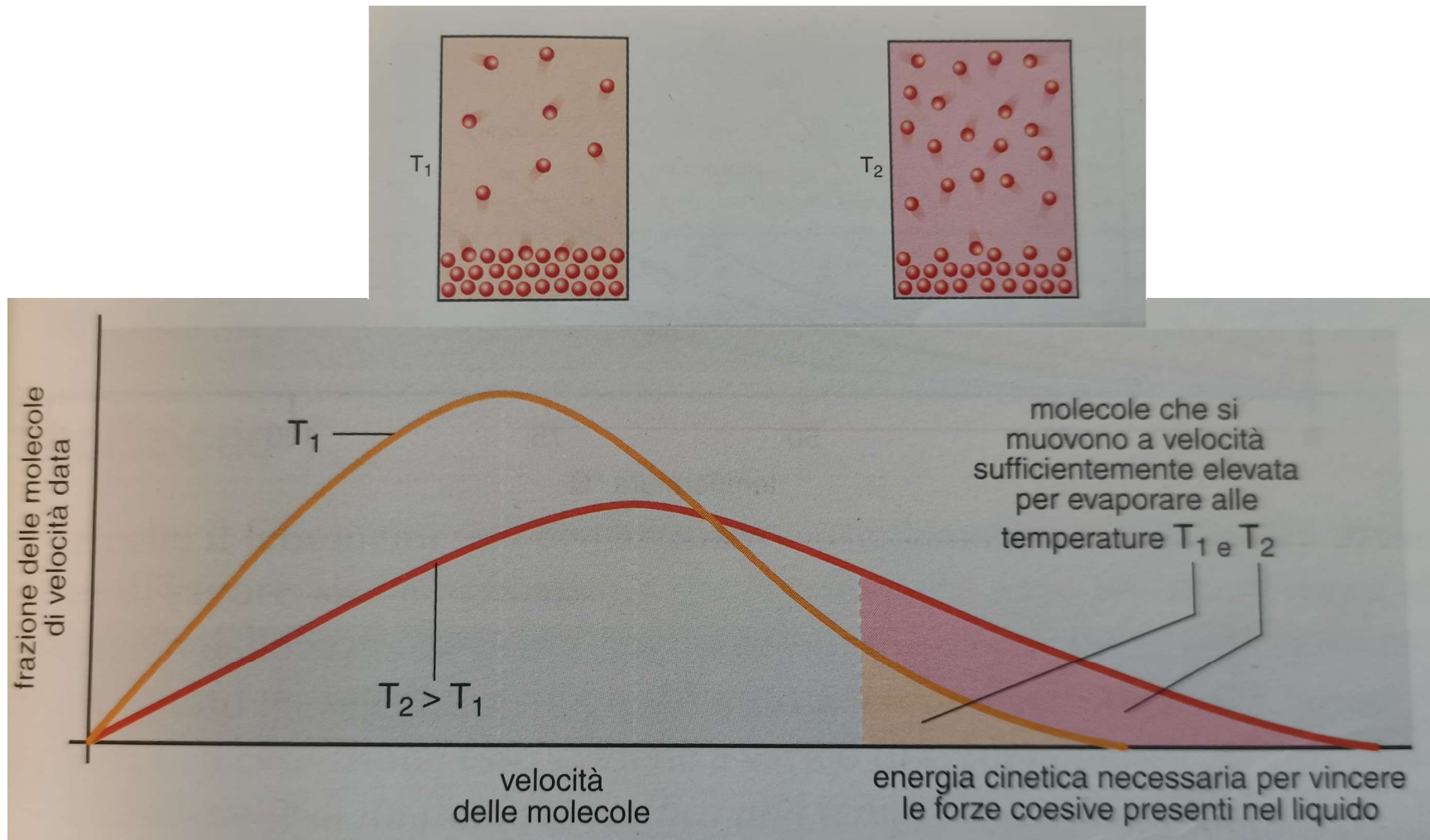


Grafico della legge di distribuzione di Maxwell-Boltzman

- E' un fenomeno che riguarda la superficie del liquido
- Avviene a qualsiasi temperatura
- La velocità di evaporazione aumenta con la T
- Durante l'evaporazione la T diminuisce

Punto di ebollizione

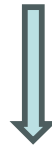


Il processo di ebollizione dell'acqua

La temperatura di ebollizione di un liquido o punto di ebollizione è quella temperatura alla quale la tensione di vapore del liquido diviene uguale alla pressione atmosferica.

Ebollizione

- E' un fenomeno che riguarda l'intera massa del liquido
- Durante l'evaporazione la **T rimane costante** (quando l'acqua bolle non è possibile aumentare la sua T anche se si continua a fornire calore)
- Avviene ad una temperatura definita che dipende dalla pressione esterna

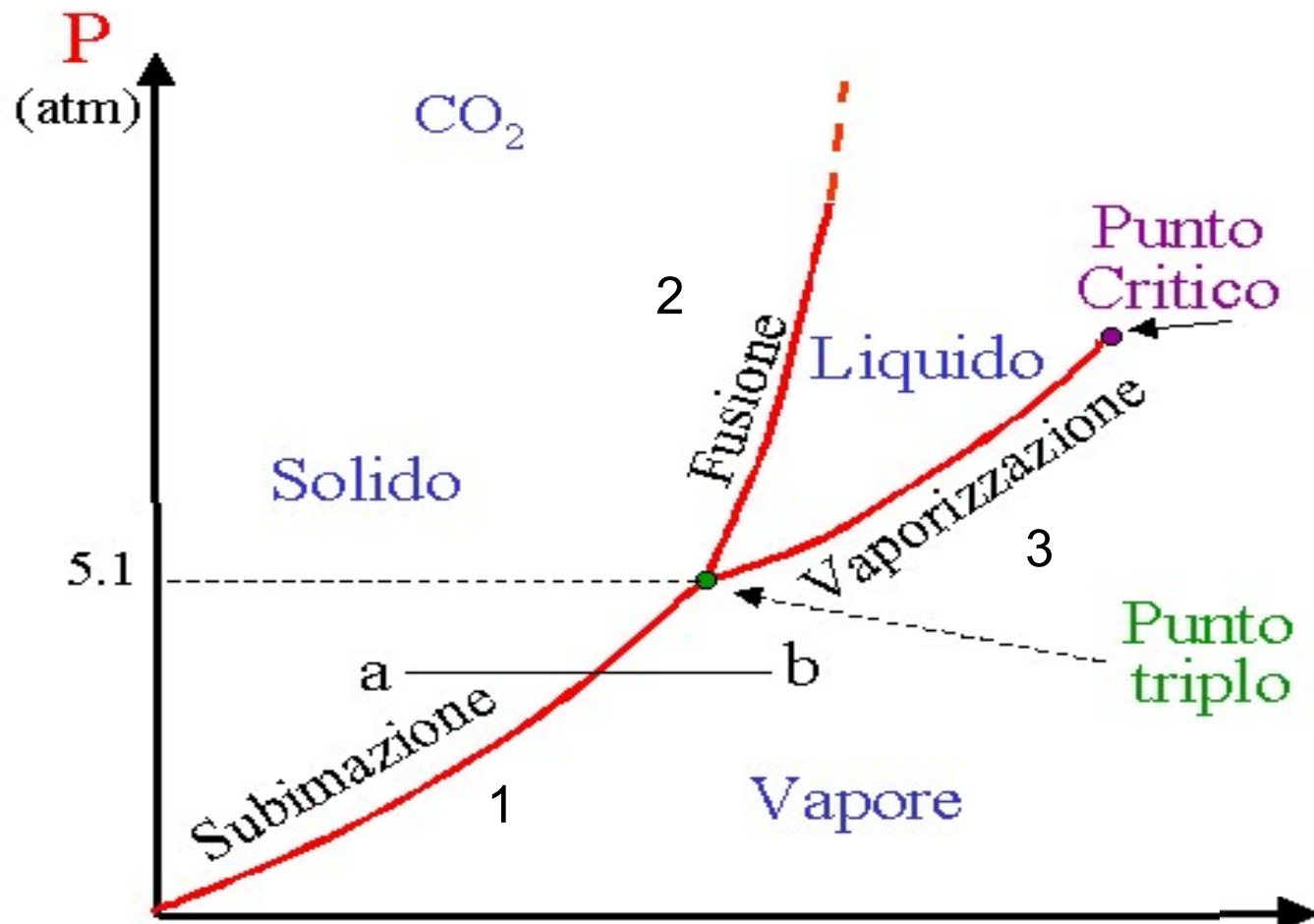


Più alta è la P atmosferica più alta è la T di ebollizione



Vedi funzionamento autoclave o cottura ad alta pressione

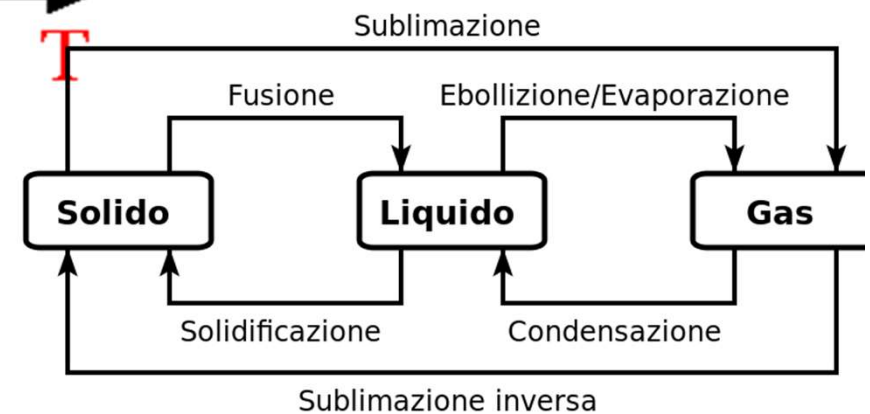
Il **diagramma di fase** rappresenta le regioni di temperatura e pressione di esistenza delle varie fasi di una sostanza (campi di esistenza)



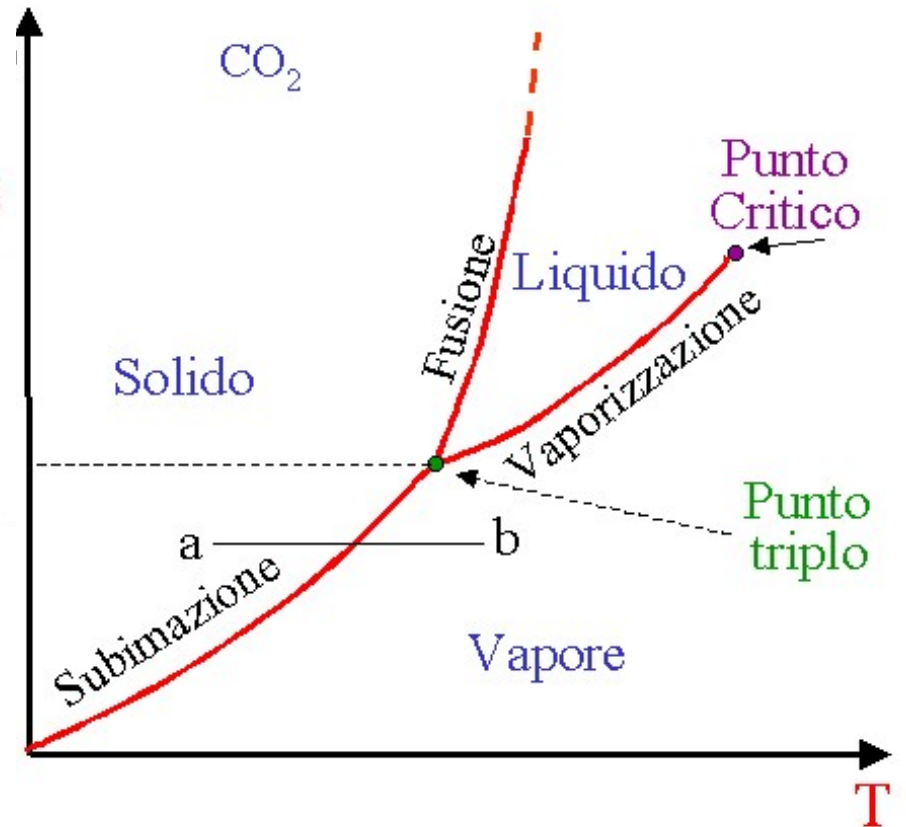
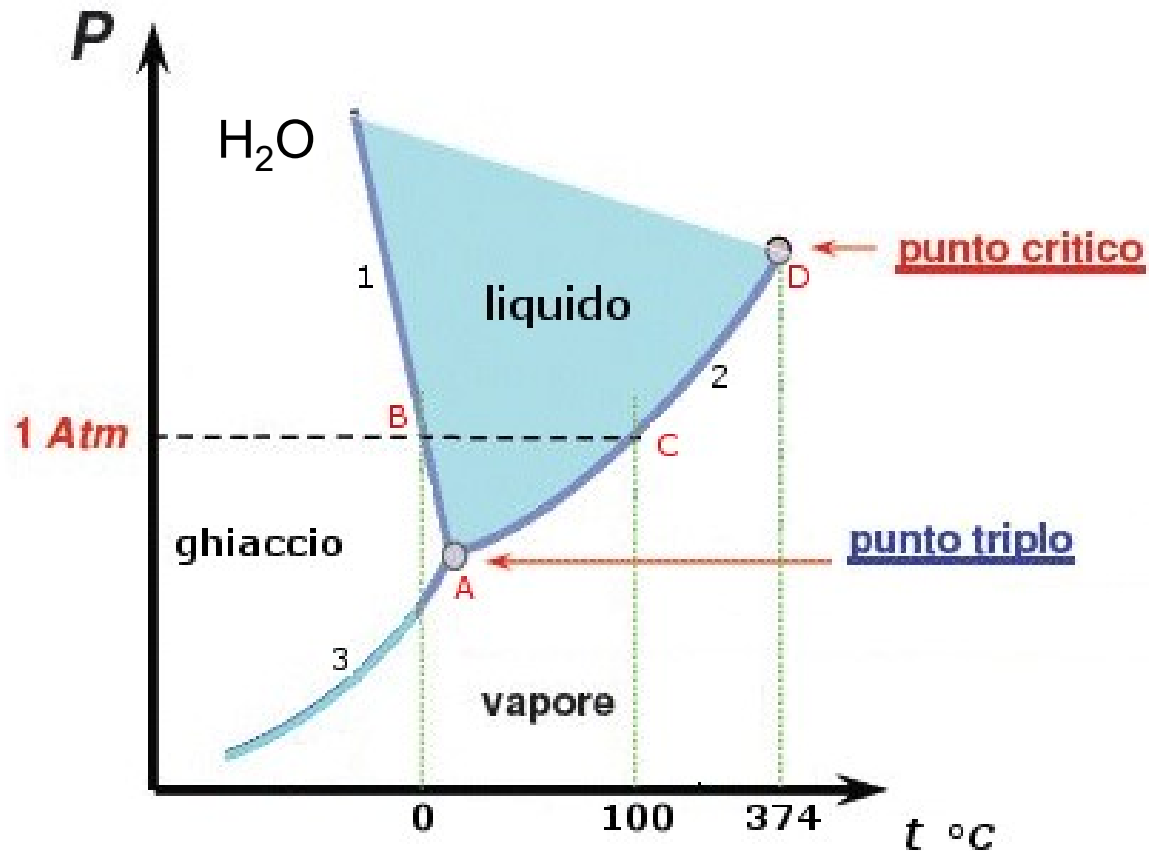
Curve di coesistenza

Campi di esistenza o stabilità

Un aumento di pressione favorisce la formazione della fase di aggregazione più densa



Effetto della pressione sul punto di fusione di un solido:
Diagramma di fase dell'acqua



Punto triplo $0.01^{\circ}C$, 4.56 Atm

Punto critico $374^{\circ}C$, 1.66×10^{-5} Atm

Miscela omogenee: le soluzioni

le sostanze costituiscono una sola fase, le proprietà della soluzione e la sua composizione chimica costanti e uniformi in ogni punto.

- Cosa accade se mescoliamo acqua e zucchero?

L'acqua e lo zucchero formano una soluzione omogenea, cioè le particelle delle due sostanze, pur conservando le loro caratteristiche, formano una miscela in cui non sono più distinguibili l'una dall'altra e non si separano facilmente.



Il solvente e il soluto

- In una soluzione la sostanza che è presente in maggiore quantità si chiama solvente, mentre quella che si disperde nel solvente, si chiama soluto.



- L'acqua è il solvente più diffuso in natura ed è indispensabile per il funzionamento di tutti gli organismi viventi.

Dissoluzione (solubilizzazione) del soluto nel solvente:

dispersione delle particelle
che compongono il soluto
nel solvente

questo avviene se le forze di interazione fra le particelle di soluto e le particelle di solvente sono più elevate o almeno comparabili alle interazioni tra le particelle di soluto e le interazioni tra le particelle di soluzione

Perché un solido si sciogla, occorre allontanare le molecole tra loro, rompendo tutte le interazioni attrattive che tengono insieme il soluto e il solvente. Per far questo bisogna fornire energia. Questa energia deriva **in parte** dal fatto che le molecole del solvente sono in grado di rimpiazzare le interazioni attrattive soluto-soluto e solvente-solvente con interazioni soluto-solvente. Questo processo si chiama **solvatazione**

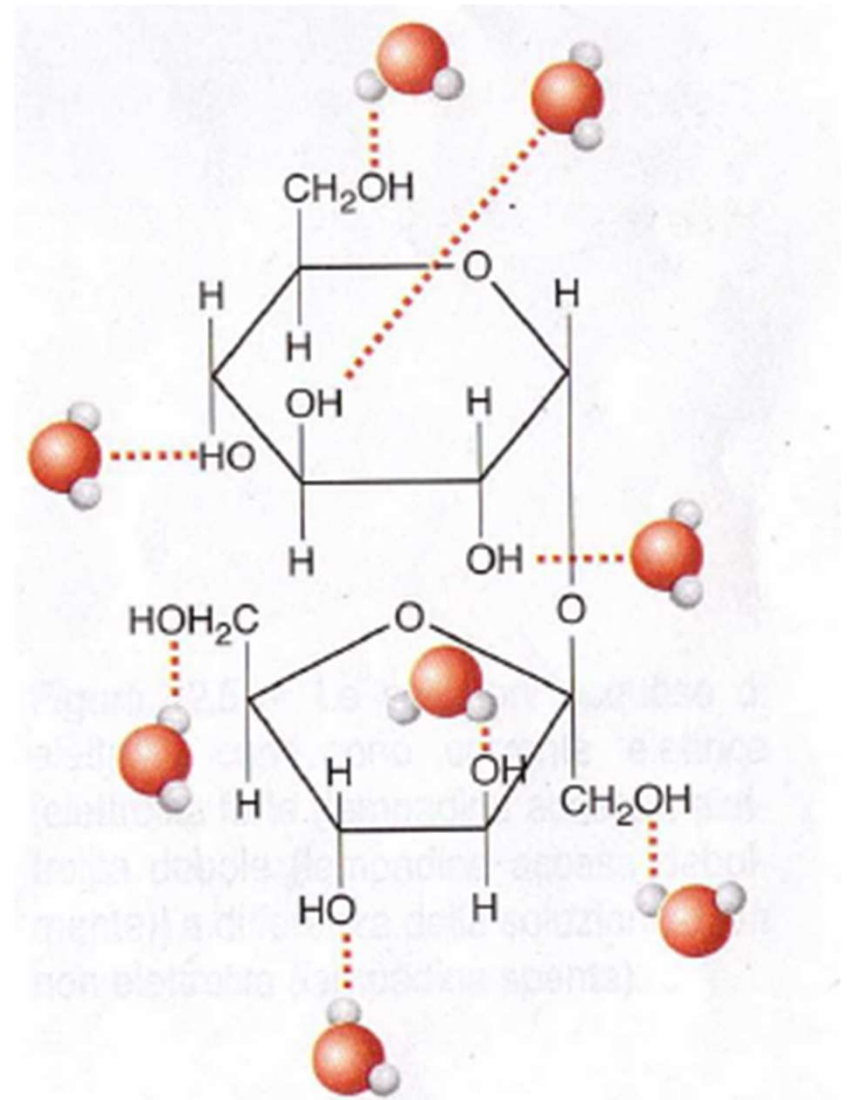
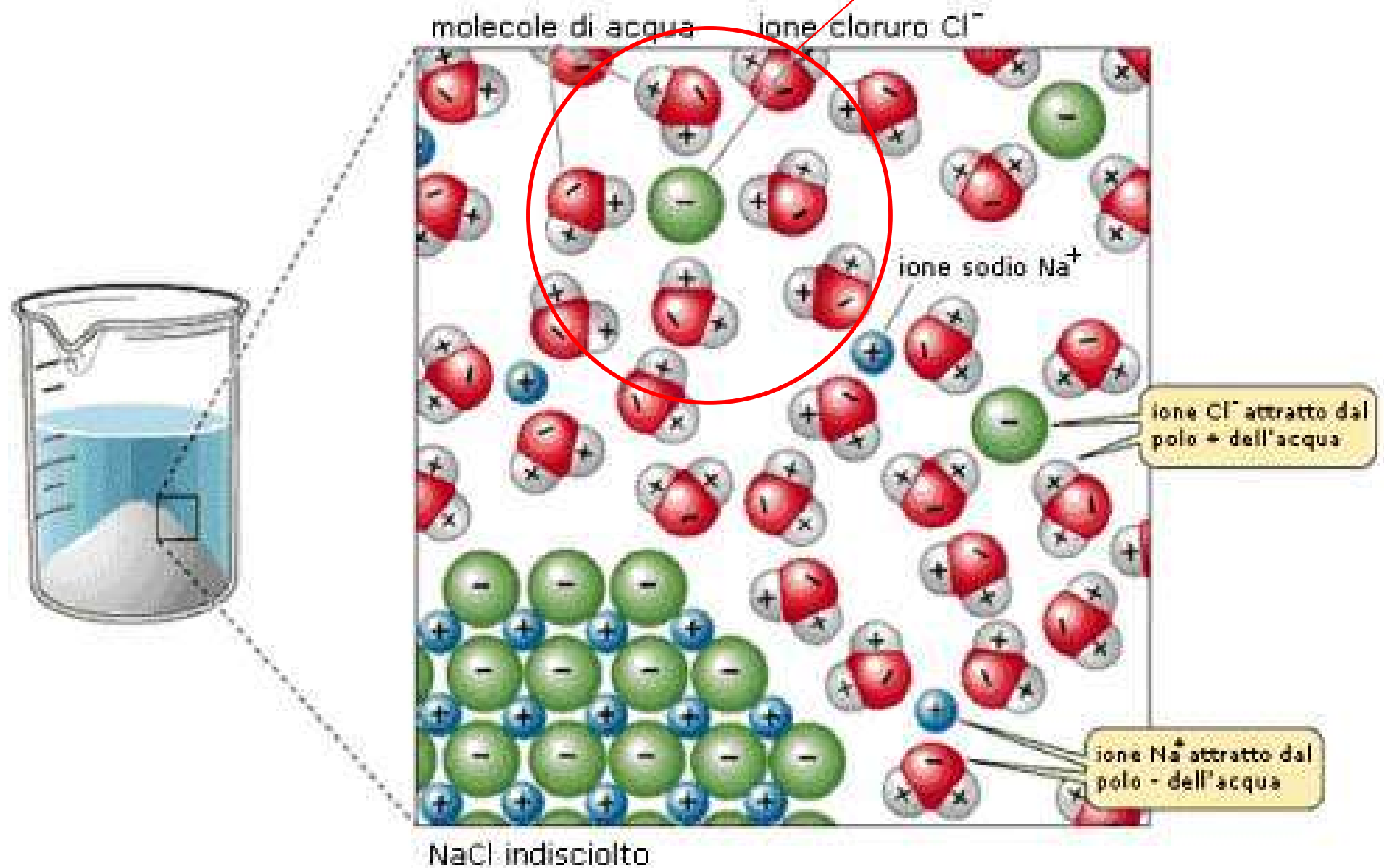


Figura 12.4. • Solubilizzazione del saccarosio in ambiente acquoso.

Sfera di idratazione



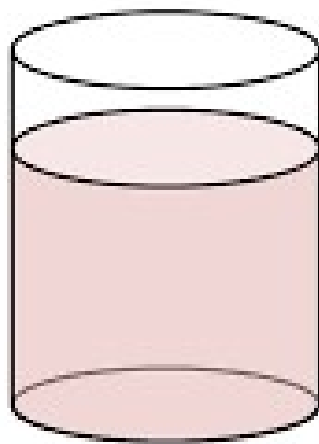
La solubilità:
la massima quantità di soluto
che si può sciogliere

NATURA CHIMICA

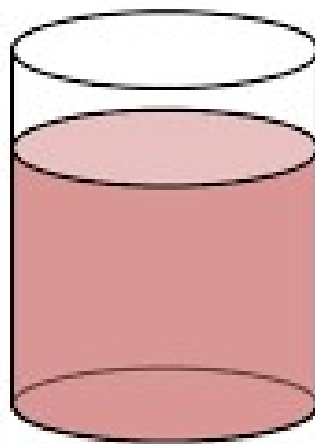
TEMPERATURA

PRESSIONE (gas)

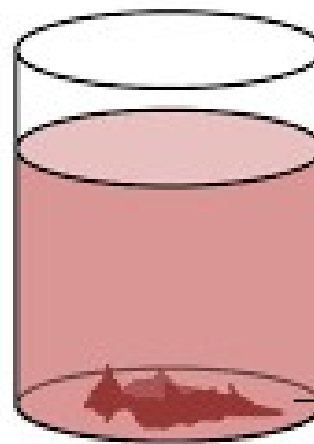
SOLUZIONE SATURA



A



B

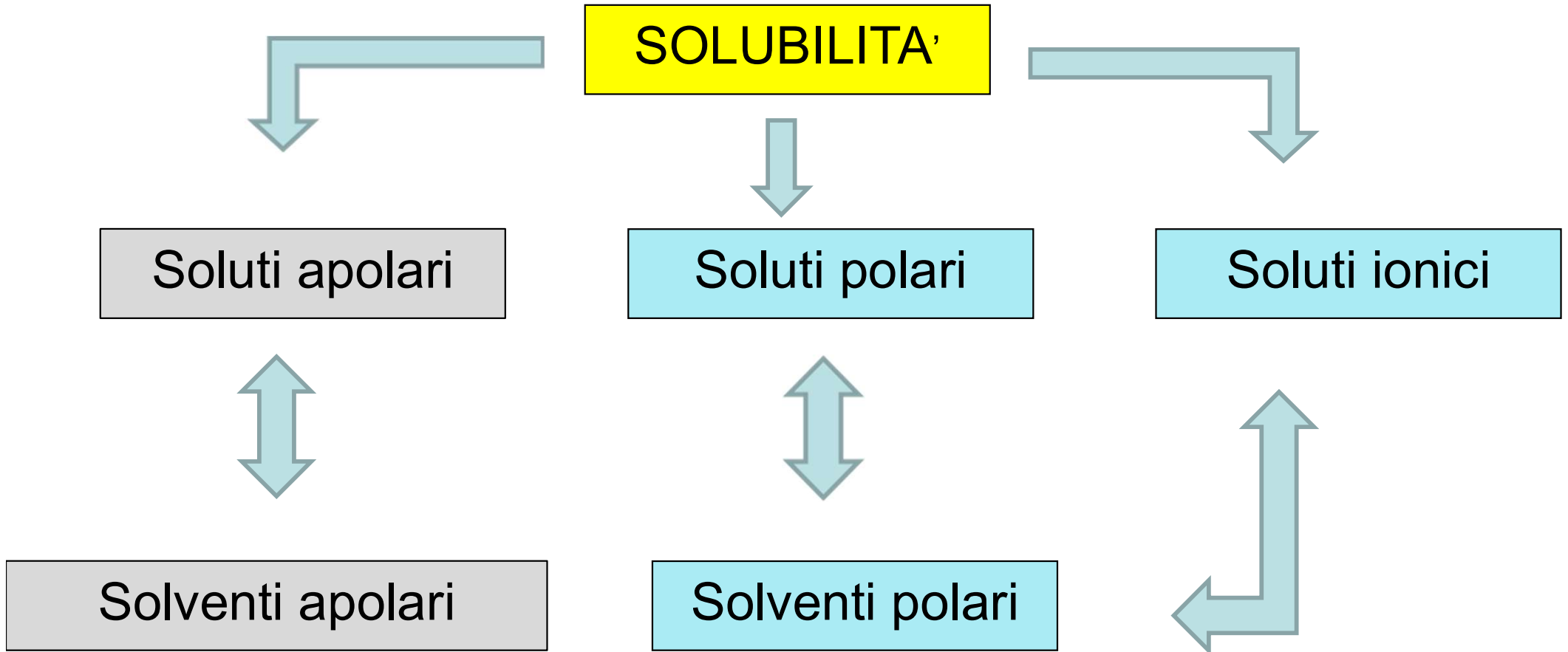


C

Corpo di fondo



NATURA CHIMICA



Temperatura

- Reazione endotermica (assorbe calore)
- Non c'è variazione della temperatura
- Reazione esotermica (emette calore)

PRESSIONE

LEGGE di HENRY

$$C_a = k \times P_a$$

k costante di Henry

Vale sia per gas puri che per miscele di gas (ogni singolo gas si comporta come se fosse il solo gas presente)

Concentrazione di una soluzione

Percentuale in peso - $(m \text{ soluto in gr} / m \text{ soluzione in gr}) \times 100$
(% m/m)

Rapporto percentuale massa su volume - $m \text{ soluto in gr} / V \text{ soluzione in ml} \times 100$ (% m/V) (gr di soluto su 100 ml di solvente)

Percentuale in volume - $(V \text{ soluto} / V \text{ soluzione}) \times 100$ (% V/V)

Frazione molare - $n \text{ soluto} / n \text{ soluzione}$ (n= numero moli)

Molalità - $n \text{ soluto} / m \text{ solvente in Kg}$ (si indica con **m**)

Molarità - $n \text{ soluto} / V \text{ soluzione in litri}$ (si indica con **M**)

La mole

Quantità in grammi di una sostanza pari al suo peso
molecolare (massa molecolare relativa)

1 mole = $6,022 \cdot 10^{23}$ particelle (atomi o molecole)

N_0 numero di Avogadro

Conoscendo la **massa in grammi** m di una sostanza è possibile determinare il numero delle moli utilizzando la seguente formula:

$$n = \frac{m}{M}$$

nella quale:

n = numero moli (mol)

m = massa in grammi (g)

M = **massa molare** (g/mol)

La massa molare M di un composto rappresenta la massa in grammi di una mole.

Essa coincide numericamente con il valore della **massa molecolare** (o eventualmente con la **massa atomica**) solo che la sua **unità di misura** è **g/mol**.

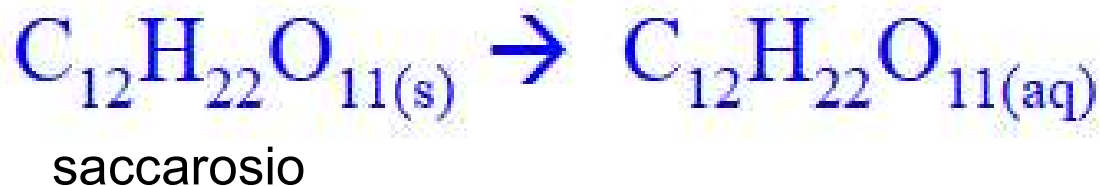
SOLUBILIZZAZIONE
o DISSOLUZIONE



DISSOCIAZIONE

Dissociazione : scissione parziale o completa di una molecola a seguito della sua dissoluzione. E' in grado di produrre specie ioniche (cationi e anioni)- questi composti si chiamano **elettroliti** (**forti** o **deboli**). Tutti gli altri sono **non elettroliti**

NON ELETTROLITI

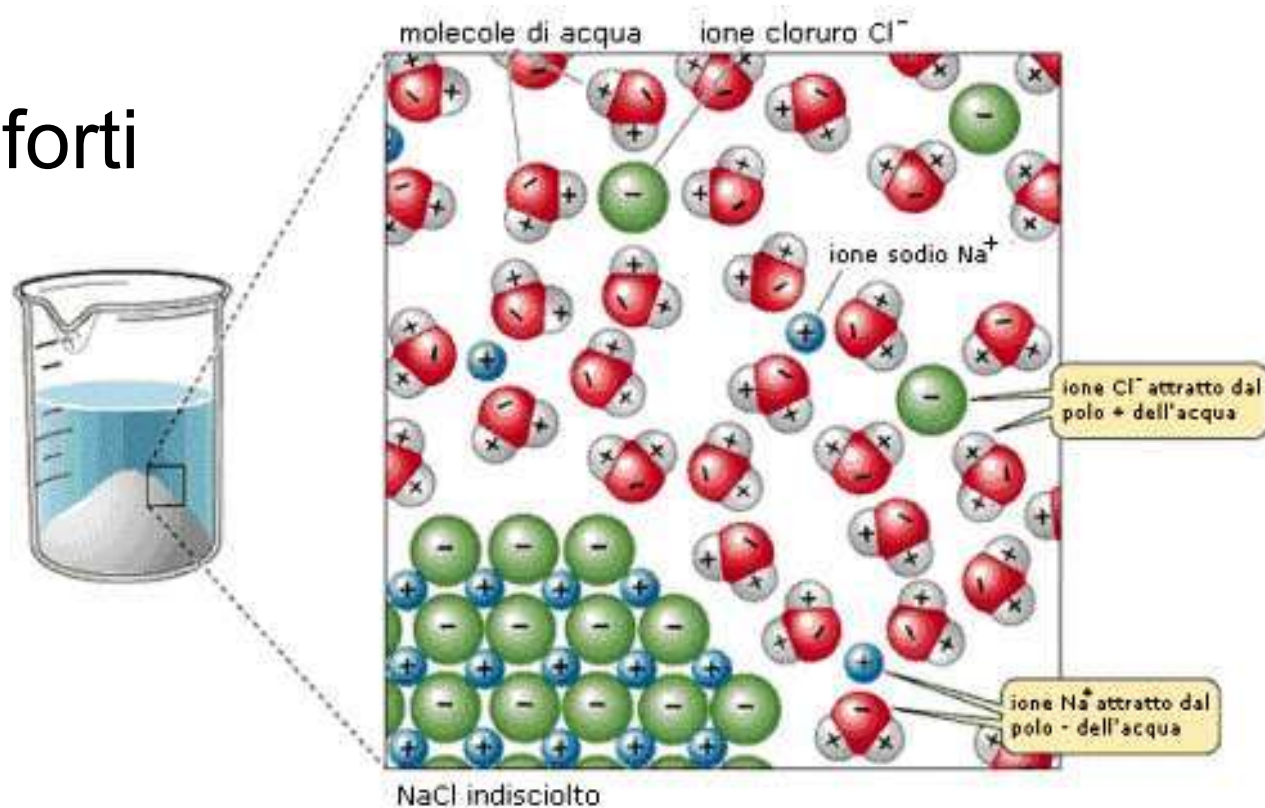


ELETTROLITI FORTI

Si dissociano completamente negli ioni corrispondenti



Sali, acidi forti e basi forti

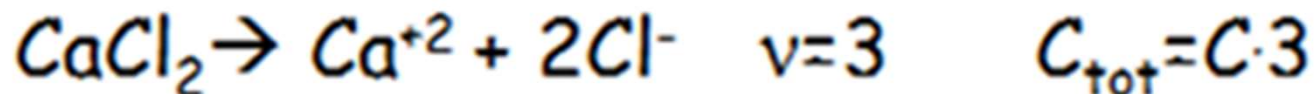
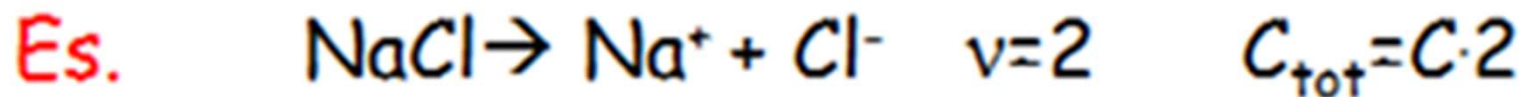


CONCENTRAZIONE MOLARE **EFFETTIVA** DI UNA SOLUZIONE DI UN ELETTROLITA FORTE

$$C_{\text{soluto}} = M = n_{\text{soluto}} / L_{\text{soluzione}}$$

$$n_{\text{tot}} = n_{\text{soluto}} * v$$
$$C_{\text{eff.}} = n_{\text{tot}} / L_{\text{soluzione}} = n * v / L$$

Dove v è il numero di ioni formati dalladissociazione di una singola molecola.



Elettroliti deboli



Si dissociano solo parzialmente come acidi o basi deboli

Elettroliti deboli

$$\text{grado di dissociazione} = \alpha = \frac{\text{numero di moli dissociate}}{\text{numero di moli INIZIALI}}$$

α può assumere valori compresi tra 0 ed 1

(0% e 100% di dissociazione)



$$(n - n\alpha) \qquad n\alpha v$$

$$n_{\text{tot}} = (n - n\alpha) + n\alpha v = n(1 - \alpha + \alpha v) = n[1 + \alpha(v - 1)]$$

$$i = [1 + \alpha(v - 1)] = \text{fattore di vant'Hoff}$$

$$n_{\text{tot}} = n * i$$

CONCENTRAZIONE EFFETTIVA

$$C_{\text{soluto}} = M = n_{\text{soluto}} / L_{\text{soluzione}}$$

$$n_{\text{tot}} = n_{\text{soluto}} * i$$

$$C_{\text{eff.}} = n_{\text{tot}} / L_{\text{soluzione}} = n_{\text{soluto}} * i / L = C_{\text{soluto}} * i$$

Es. Considerando la soluzione acquosa 10^{-2} M di acido acetico con $\alpha=0.041$.



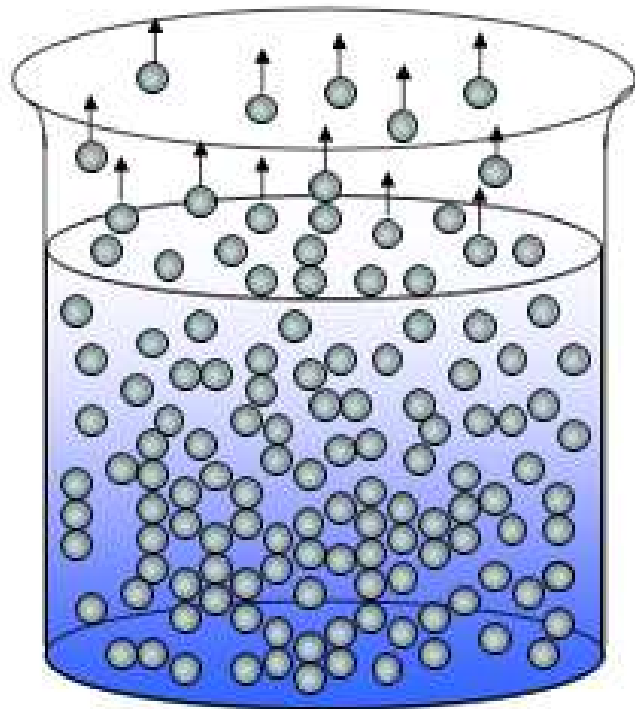
$$\begin{aligned} v=2 \quad C_{\text{tot}} &= C[1+\alpha(v-1)] = \\ &= 10^{-2}[1+0.041(2-1)] = 1.041 \cdot 10^{-2} \end{aligned}$$

Proprietà colligative

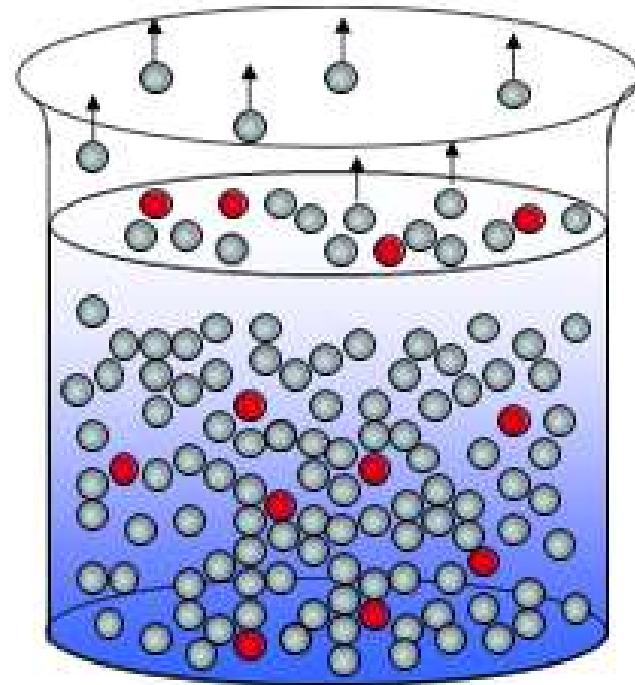
Proprietà fisiche che descrivono gli effetti esercitati in una soluzione ideale da un soluto non volatile sul solvente

- I. Abbassamento della tensione di vapore
- II. Innalzamento della temperatura di ebollizione
- III. Abbassamento della temperatura di congelamento
- IV. Pressione osmotica

Abbassamento della tensione di vapore



molecola del solvente ●



molecola del soluto ●

La **tensione di vapore** di una soluzione contenente un **soluto non volatile** è **minore di quella del solvente puro**: infatti alla superficie della soluzione alcune particelle di solvente sono sostituite da quelle di soluto, che non hanno alcuna tendenza ad evaporare.

LEGGE DI RAOULT

$$P_{\text{soluzione}} = X_{\text{solvente}} P^0_{\text{solvente}}$$

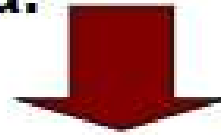
$$\Delta P = P^0_{\text{solvente}} - P_{\text{soluzione}}$$

$$\Delta P = P^0 - X_{\text{solvente}} P^0 = P^0 (1 - X_{\text{solvente}})$$

$$\Delta P = P^0 \cdot X_{\text{soluti}}$$

Innalzamento del punto di ebollizione

- Il punto di ebollizione normale di un liquido si raggiunge alla temperatura alla quale la pressione di vapore eguaglia quella atmosferica.



Un soluto non volatile abbassa la tensione di vapore del solvente in cui è disciolto e perciò una soluzione di questo tipo deve essere riscaldata ad una T più alta di quella di ebollizione del solvente puro perché raggiunga la P atmosferica, cioè



Un soluto non volatile innalza il punto di ebollizione del solvente

$$\Delta T = K_b m_{\text{soluto}}$$

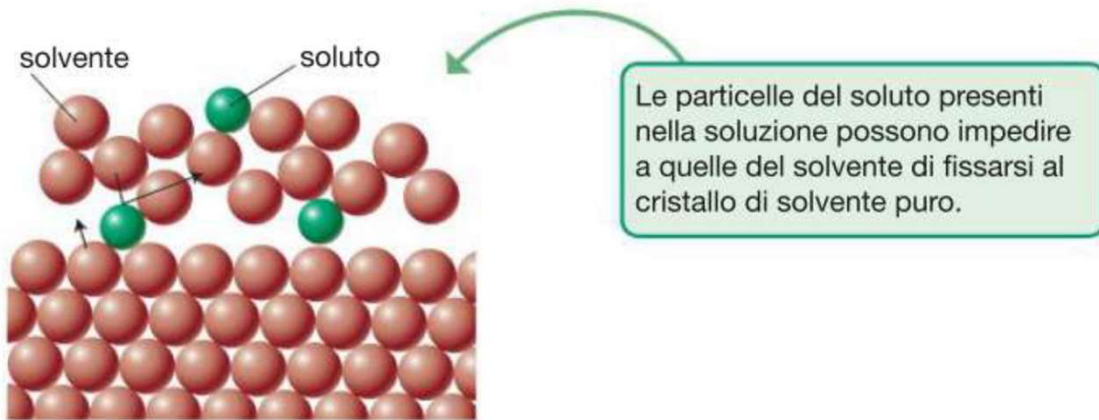
ΔT = innalzamento del p. di eb.

K_b = costante molale di innalzamento eb.

m = molalità

Abbassamento del punto di congelamento

- Quando un soluto viene disciolto in un solvente, il punto di congelamento è inferiore a quello del solvente puro.

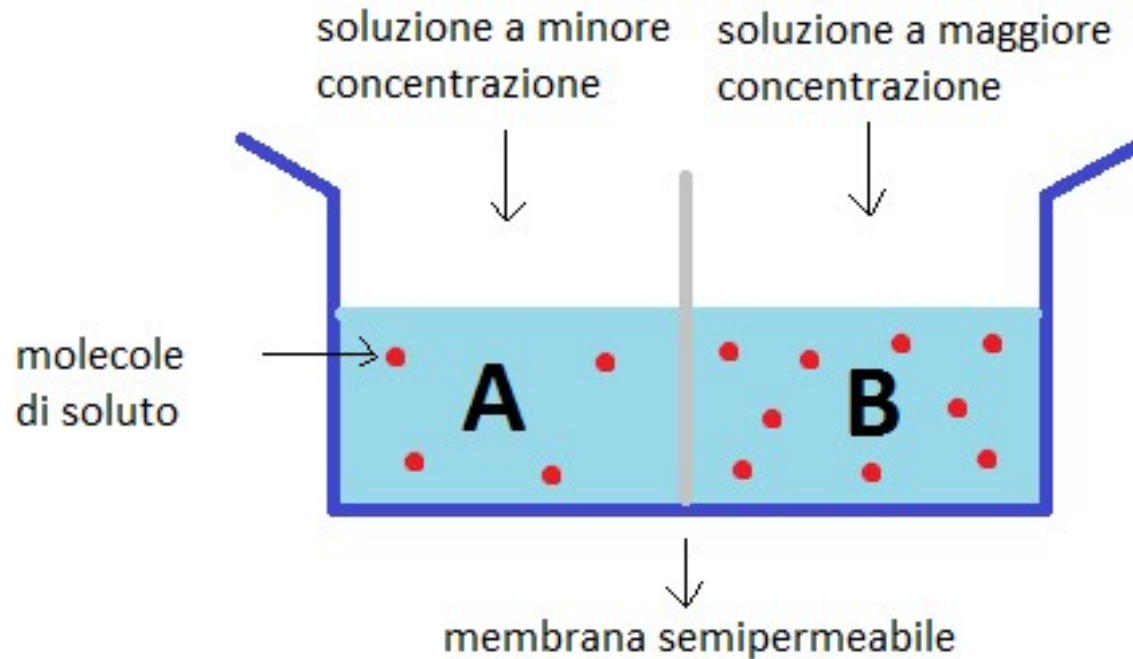


$$\Delta T = K_{cr} m_{\text{soluto}}$$



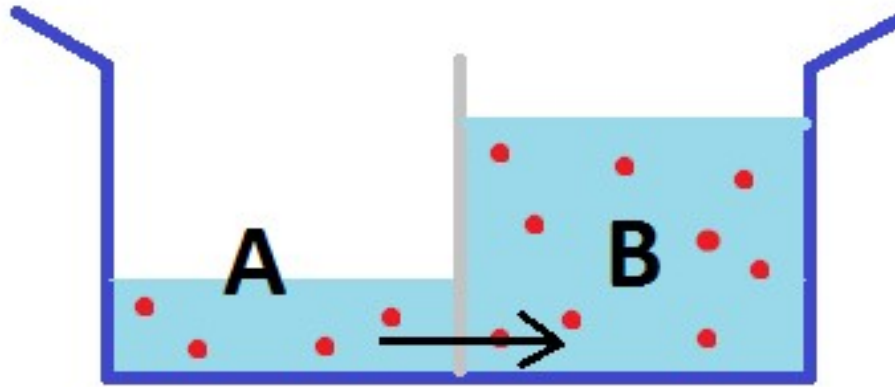
ΔT = abbassamento del p. di congelamento.
 K_{cr} = costante molale di abbass. crioscopico.
 m = molalità

Situazione iniziale



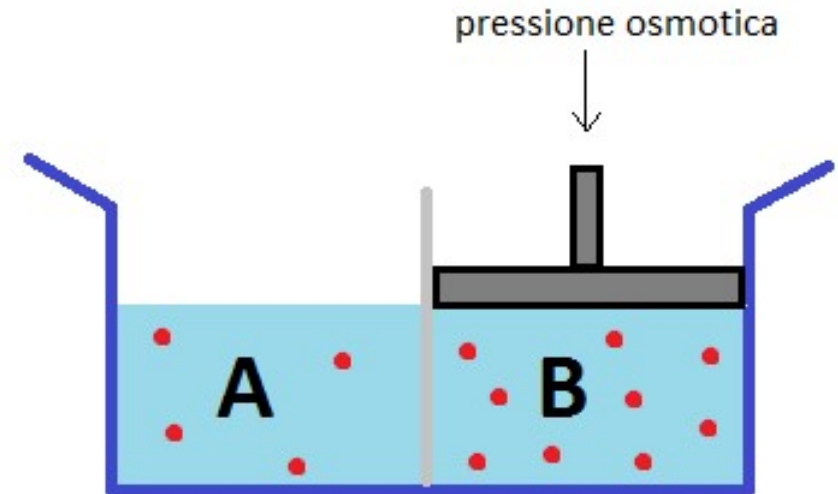
Le molecole di solvente si spostano dalla soluzione a minore concentrazione a quella con maggiore concentrazione.

Osmosi



PRESSIONE OSMOTICA

Più la soluzione concentrata riceve solvente, più aumenta la **pressione idrostatica sulla membrana da parte della soluzione a maggiore concentrazione**. L'osmosi ha l'effetto di produrre una pressione che tende a opporsi all'ulteriore passaggio di solvente.



La pressione osmotica è la pressione che deve essere applicata a **B** per opporsi all'osmosi.

$$\pi = MRT$$

R è la costante dei gas $0.0821 \text{ atm} \cdot \text{L} \cdot \text{K}^{-1} \cdot \text{mol}^{-1}$

T è temperatura assoluta espressa in gradi Kelvin

M è la concentrazione molare della soluzione

$R = 8,314 \cdot [\text{J} / (\text{mol} \cdot \text{K})]$ se la pressione è espressa in Pascal, il volume in m^3 e la temperatura in Kelvin

Una soluzione rispetto ad una seconda soluzione si dice:

ipertonica se ha pressione osmotica
maggiore

ipotonica se ha pressione osmotica
minore

isotonica se le due soluzioni hanno la
stessa pressione osmotica

**Hypertonic
Solution**



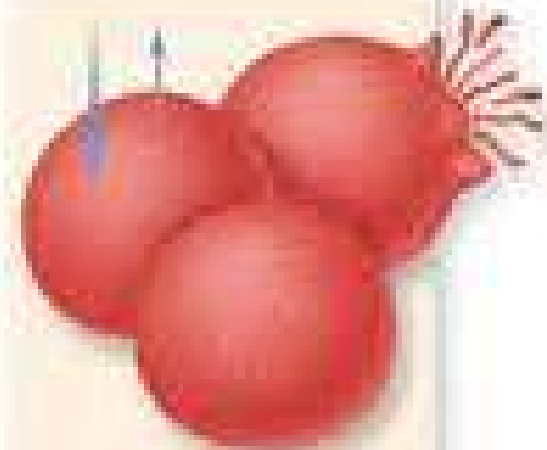
Shriveled cells

**Isotonic
Solution**

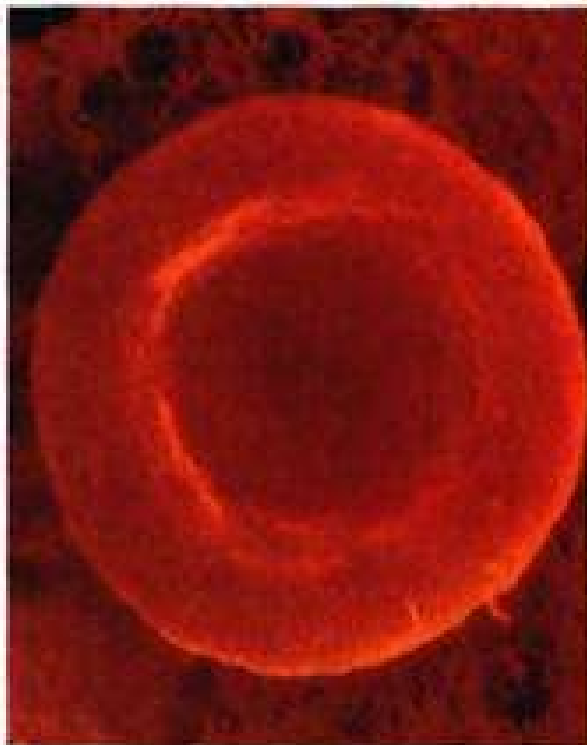


Normal cells

**Hypotonic
Solution**



Cells swell and
eventually burst



Elettroliti e proprietà colligative

Elettroliti si dissociano quindi bisogna tener conto che aumenta il numero di particelle (moli) nella soluzione rispetto a quelle presenti nel soluto di partenza

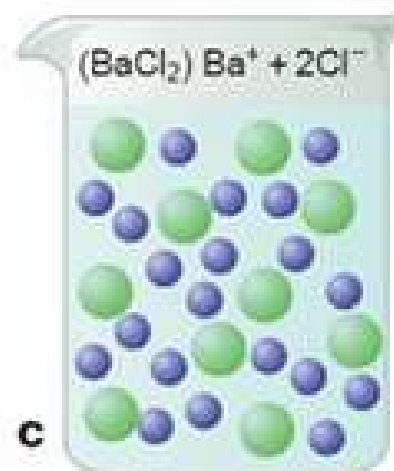
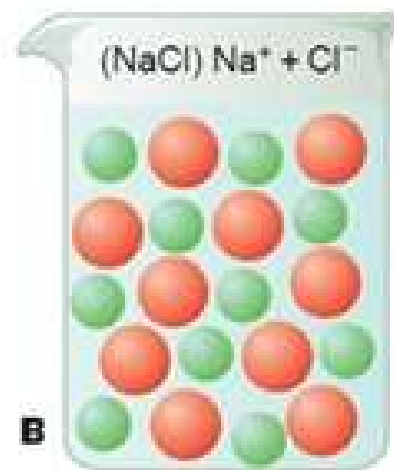
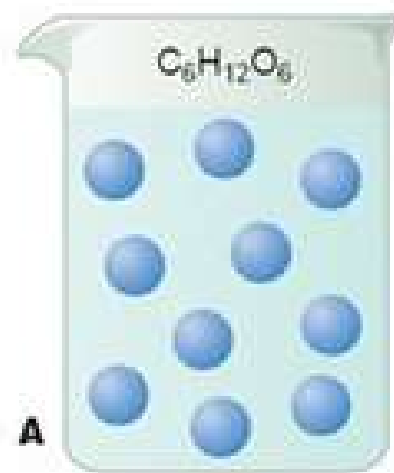
$$n_{\text{tot}} = n [1 + \alpha (v-1)]$$

α = grado di dissociazione = moli
dissociate/moli iniziali

v = numero particelle che si dissociano da
una singola particella

$$i = [1 + \alpha (v-1)] = \text{fattore di vant'Hoff}$$

$$n_{\text{tot}} = n * i$$



Il fattore di van't Hoff introdotto nelle formule delle proprietà colligative

$$\Delta T_b = K_b m_{\text{particelle}} = K_b n_{\text{particelle}} / \text{Kg solvente} =$$

$$n_{\text{soluto}} i / \text{Kg solvente} \rightarrow K_b m_{\text{soluto}} i$$

$$\Delta T_c = K_c m_{\text{particelle}} \rightarrow K_c m_{\text{soluto}} i$$

$$\pi = M R T = n_{\text{tot}} R T / L_{\text{soluzione}} = n_{\text{soluto}} * i * R * T / L$$

$$\rightarrow M_{\text{soluto}} i R T$$

$n * i$ osmoli

$M * i$ osmolarità

$i = [1 + \alpha(v-1)] = \text{fattore di vant'Hoff}$

$\alpha = 0$ per non elettroliti

$\alpha = 1$ per elettroliti forti ($i = v$)

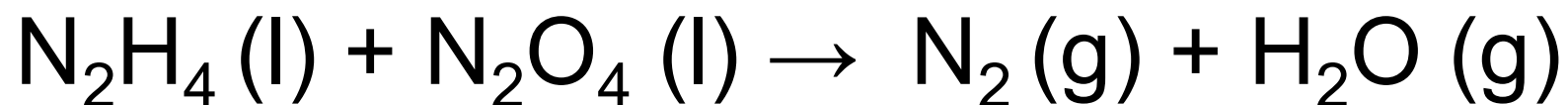
$0 < \alpha < 1$ per elettro.deboli

Reazione chimica

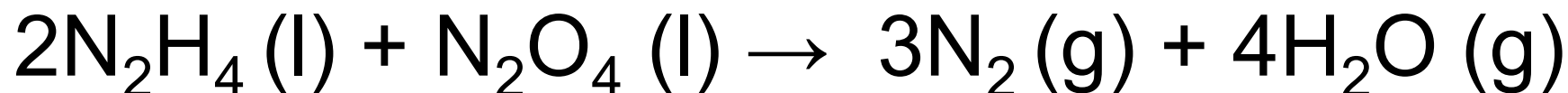
trasformazione in cui uno o più specie chimiche modificando la loro struttura e composizione originaria per generare altre specie chimiche



2. Indicare lo stato fisico dei reagenti e dei prodotti



3. Bilanciare l'equazione



Bilanciamento reazioni chimiche

Legge di Lavoisier (legge di conservazione della massa)

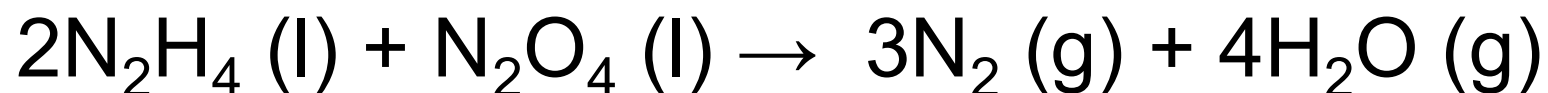
In una reazione chimica la somma delle masse dei reagenti uguale alla somma delle masse dei prodotti.



Numeri di atomi di un elemento uguale tra reagenti e prodotti

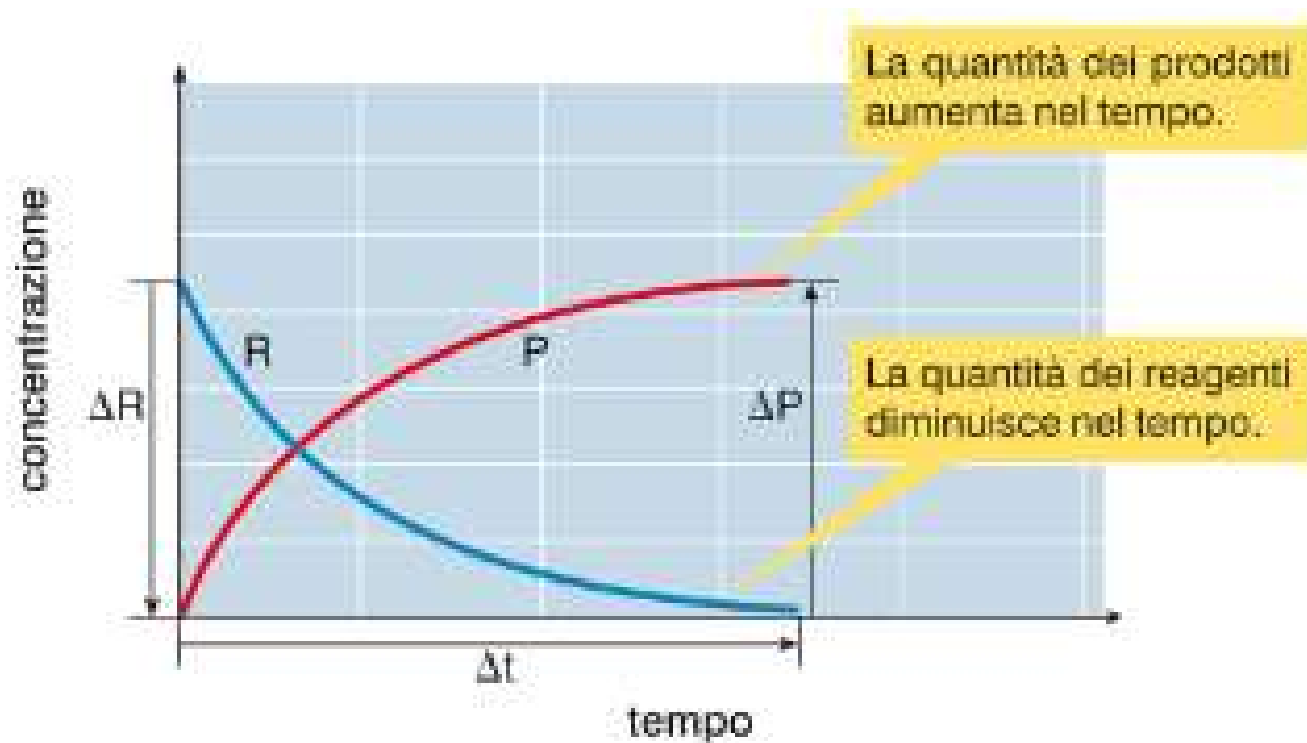
→ si deve quindi bilanciare la reazione chimica introducendo i

COEFFICIENTI STECHIOMETRICI: indicano il numero di molecole coinvolte nella reazione



Velocità di una reazione chimica

La velocità di reazione è la variazione della concentrazione dei reagenti $\Delta[R]$, o dei prodotti $[\Delta P]$, nell'intervallo di tempo Δt .



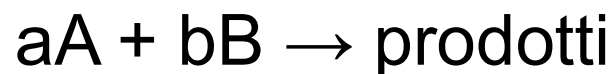
Velocità di una reazione chimica

Viene quantitativamente espressa da una relazione matematica, una **equazione cinetica** che viene determinata sperimentalmente per ciascuna reazione chimica.



$$\text{Velocità} = k [A]^m$$

m = ordine della reazione (0,1,2,3....)



$$\text{Velocità} = k [A]^m [B]^n$$

m ordine della reazione rispetto a A

n ordine della reazione rispetto a B

$m+n$ ordine totale della reazione

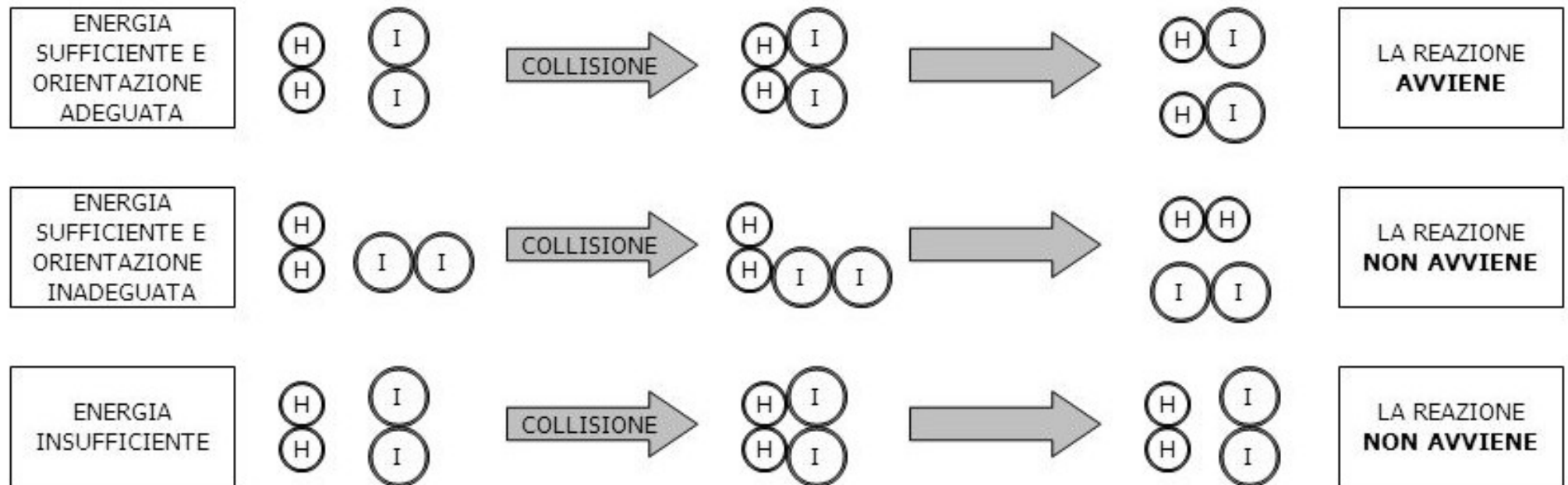
La velocità di una reazione dipende da:

- la natura dei reagenti;
- loro concentrazione
- la temperatura;
- la superficie di contatto fra i reagenti;

Modello collisionale e dello stato di transizione

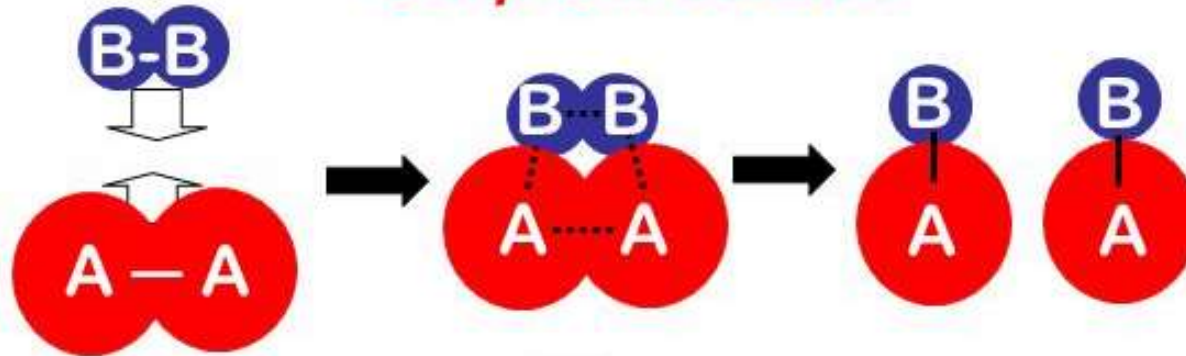
Affinché una reazione avvenga è necessario che:

- Le molecole collidano
- La collisione avvenga con sufficiente energia per rompere i legami dei reagenti e formare quelli dei prodotti
- Le particelle siano orientate in maniera opportuna

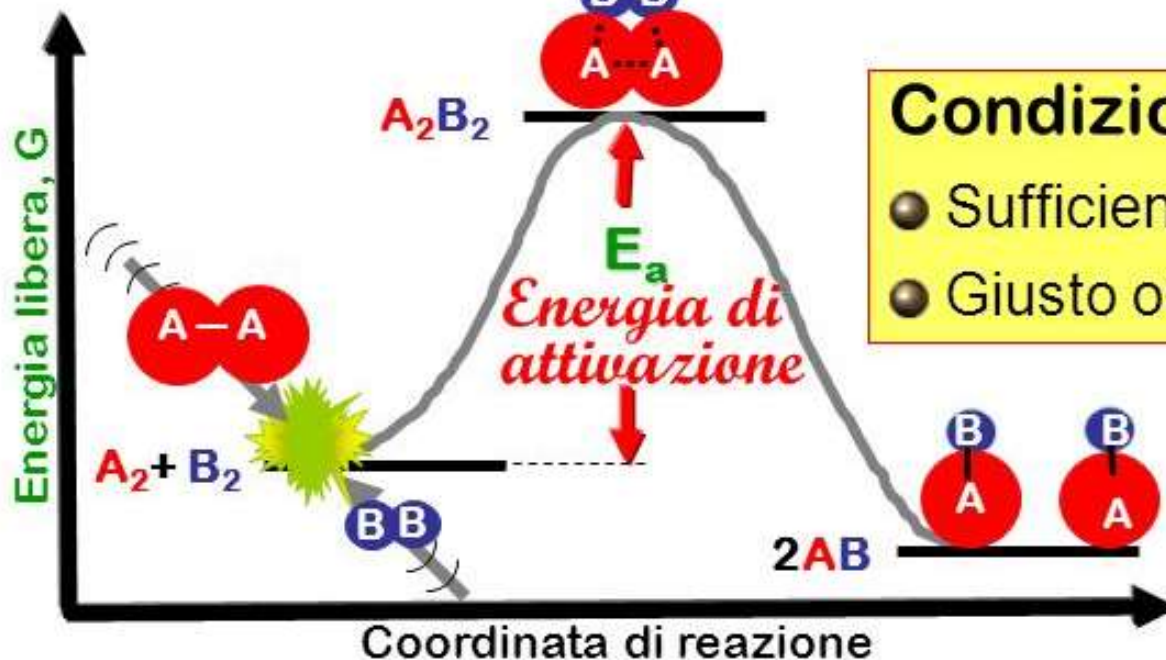


Tra le moltissime collisioni che interessano le molecole, solo un numero ristretto è efficace ai fini della reazione!!!

Modello dello stato di transizione



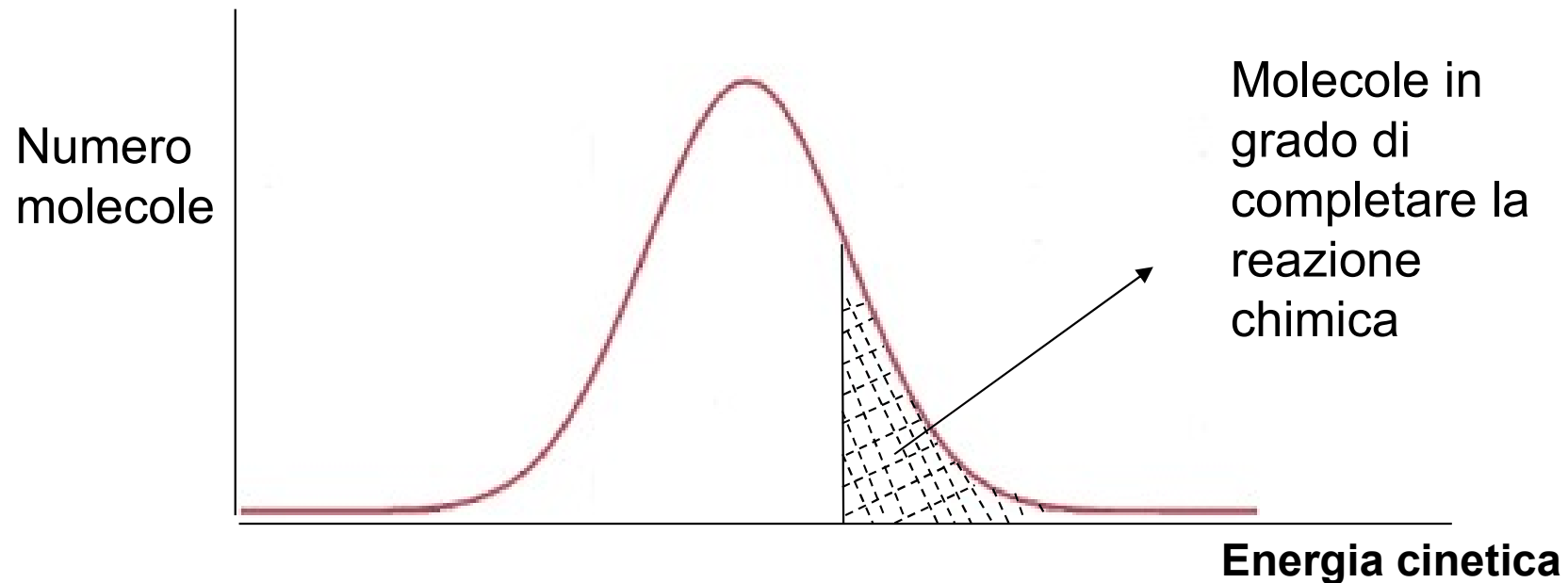
Ogni reazione chimica
decorre attraverso la
formazione di un
“*Complesso attivato*”
generato da un
“*urto efficace*”



Condizioni per un “*urto efficace*”:

- Sufficiente energia (almeno pari a E_a)
- Giusto orientamento (Effetto sterico)

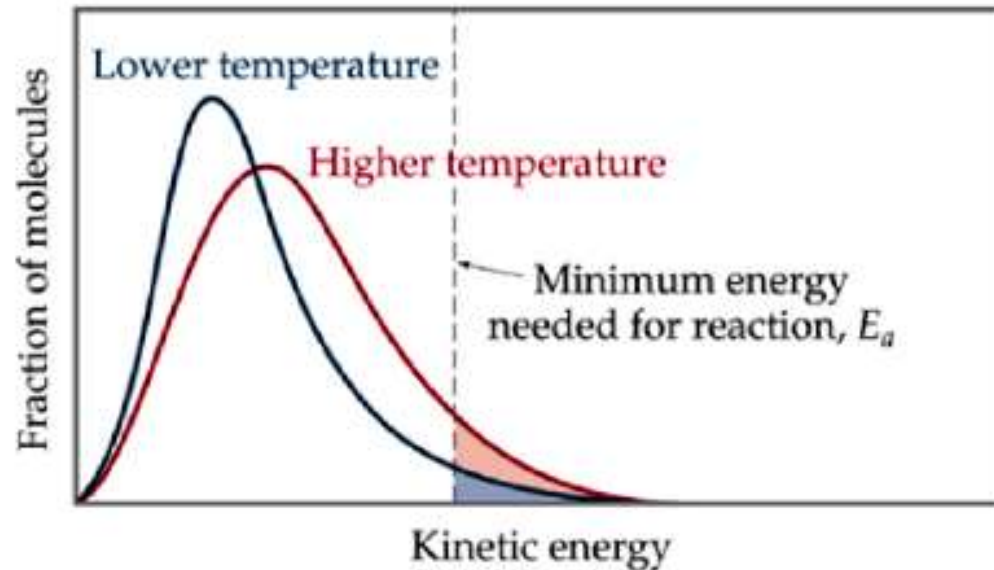
Solo le particelle che si urtano con energia uguale o superiore alla energia di attivazione formano il complesso attivato e quindi danno origine al prodotto finale della reazione



Energia di attivazione: l'energia minima necessaria ai reagenti per formare il complesso attivato e quindi per dare origine ai prodotti

Velocità di reazione e temperatura

All'aumentare della T aumenta, aumenta la frazione di molecole aventi l'E_a richiesta per la reazione.



L'equazione di Arrhenius è la relazione matematica che mette in relazione velocità di reazione e temperatura:

$$k = Ae^{-E_a/RT}$$

k = costante cinetica specifica

T = temperatura assoluta

E_a = energia di attivazione

A = costante specifica di reazione

R = costante universale dei gas

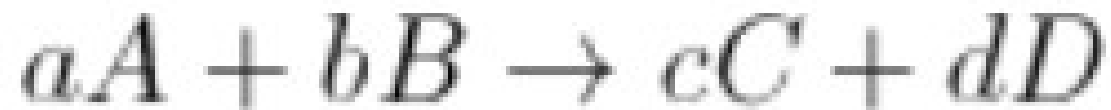
Equilibrio chimico

La trasformazione delle specie chimiche reagenti nelle specie chimiche prodotti può essere parziale o totale

1. La **reazione è completa** ($\rightarrow$)

Una reazione chimica tra i reagenti A e B avviene **in modo completo** quando al termine della reazione non vi è più traccia dei reagenti A e B poichè si sono trasformati completamente nei prodotti C e D.

Tali reazioni si scrivono con un'unica freccia che va dai reagenti verso i prodotti



Si caratterizzano per avere una energia di attivazione molto alta

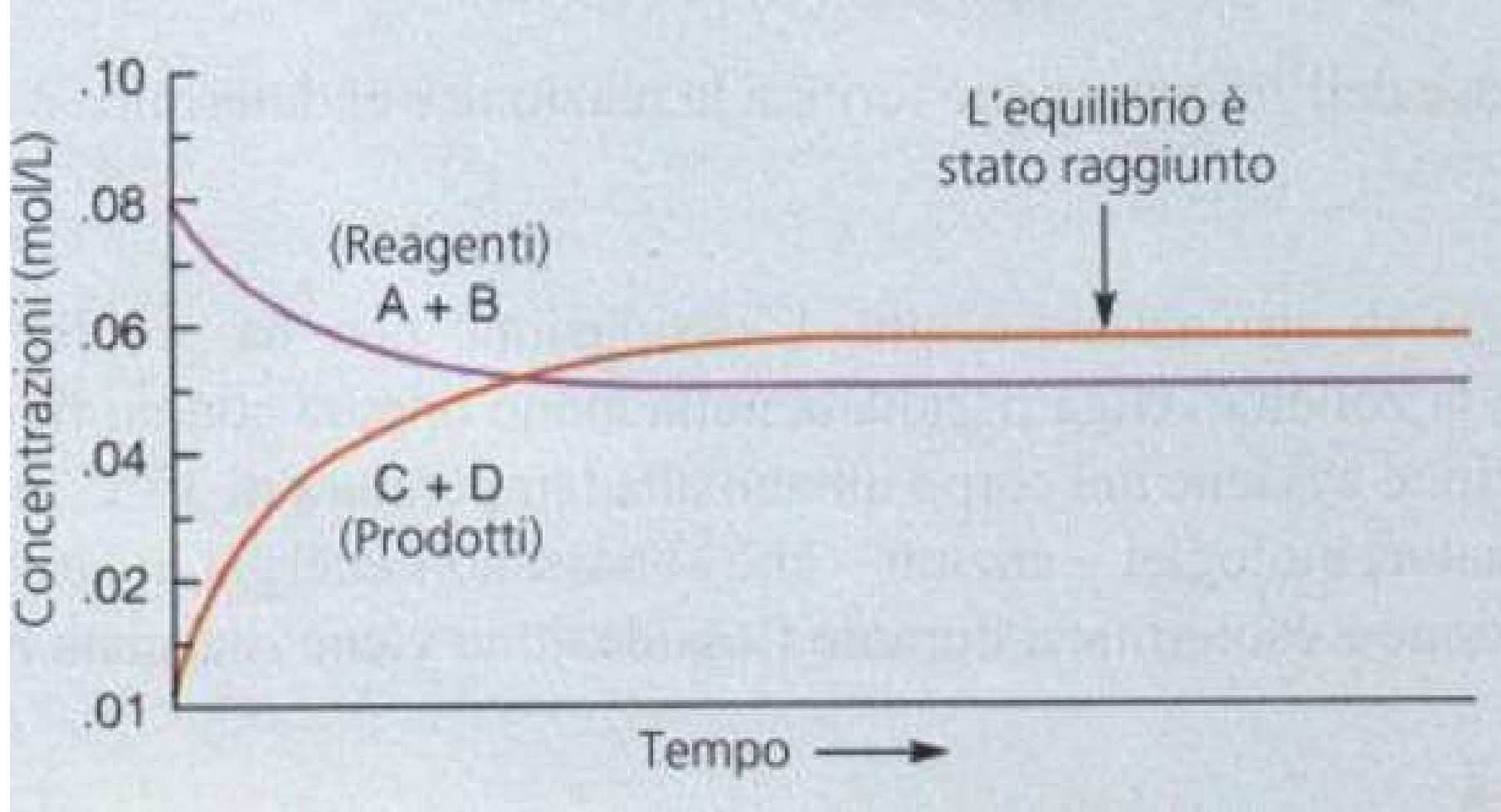
2. La reazione è all'equilibrio

Alcune reazioni chimiche non comportano la completa trasformazione dei reagenti in prodotti ma, man mano che i prodotti si formano, questi reagiscono tra loro per formare nuovamente i reagenti. Tipicamente la reazione diretta ed inversa hanno E_a comparabili



Al termine della reazione chimica otteniamo una miscela di reagenti e prodotti la cui concentrazione relativa dipende dal tipo di reazione

**Le reazioni all'equilibrio sono dette anche reazioni
REVERSIBILI**



Macroscopicamente non si nota nessun cambiamento (le concentrazioni rimangono costanti) ma da un punto di vista microscopico le due reazioni continuano ad avere luogo ma **con la stessa velocità**

$$\text{Velocità} = k [A]^m [B]^n$$

Costante di equilibrio di una reazione

Per un sistema chimico all'equilibrio, il rapporto fra il prodotto delle concentrazioni molari dei prodotti di reazione e il prodotto delle concentrazioni molari dei reagenti, ciascuna concentrazione essendo elevata a una potenza pari al coefficiente stechiometrico con cui la specie compare nella reazione, è costante a T costante

Questo rapporto è chiamato **COSTANTE DI EQUILIBRIO DELLA REAZIONE**



$$K_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

Tale relazione è nota come **legge di azione di massa**.

Il suo valore numerico è caratteristico per ogni reazione chimica e dipende solo ed unicamente dalla temperatura

K_c (K_{eq}) non dà alcuna informazione sul tempo con cui verrà raggiunto l'equilibrio e quindi sulla velocità di reazione

NB: Se per una data reazione, alla stessa temperatura, si parte da concentrazioni iniziali diverse di reagenti, all'equilibrio si otterranno composizioni delle miscele di prodotti e reagenti diverse ogni volta, MA tali da rispettare il valore della K_c data dall'equazione:

$$K_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

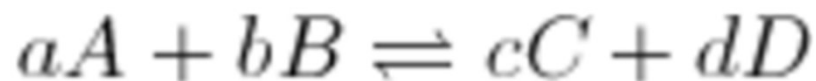
Quanto è «grande» il valore di K mi fornisce indicazioni **se la reazione favorita è quella diretta o inversa**

Modificazioni di un equilibrio: principio di Le Chatelier

quando un sistema all'equilibrio chimico viene perturbato per effetto di un'azione esterna, il sistema reagisce in maniera da ridurre o annullare la sollecitazione stessa ristabilendo l'equilibrio. PRINCIPIO DELL'EQUILIBRIO MOBILE

Variazioni delle concentrazioni

aumentando la concentrazione di uno dei reagenti l'equilibrio si sposta verso i prodotti; aumentando la concentrazione di uno dei prodotti, l'equilibrio si sposta verso i reagenti

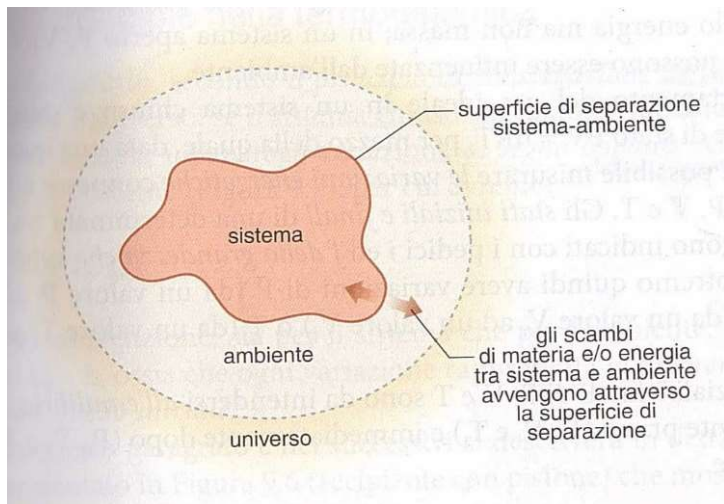


$$K_c = \frac{[C]^c \cdot [D]^d}{[A]^a \cdot [B]^b}$$

SPONTANEITA' di una reazione chimica - TERMODINAMICA

I processi spontanei tendono a verificarsi naturalmente senza un evento esterno

In natura i processi, le trasformazioni avvengono spontaneamente solo in una direzione



Stato termodinamico: insieme di valori assunti da alcune parametri macroscopici che caratterizzano il sistema detti **VARIABILI di STATO** - es. temperatura, pressione, volume)

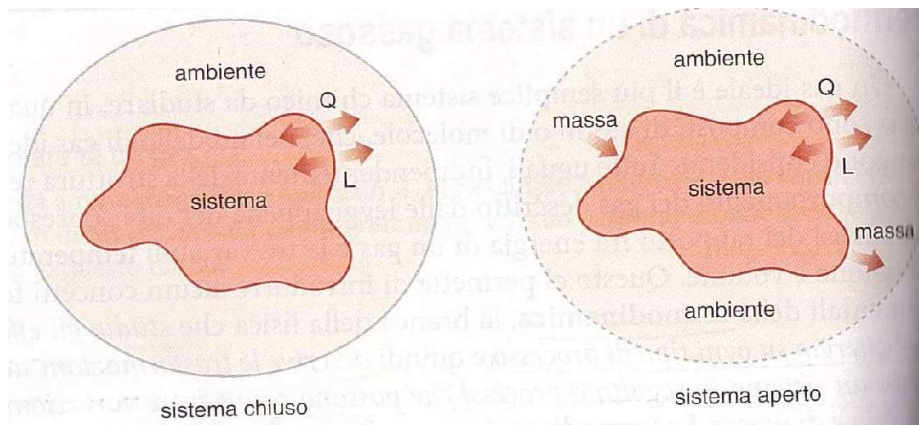


EQUILIBRIO: i parametri sono **STAZIONARI**

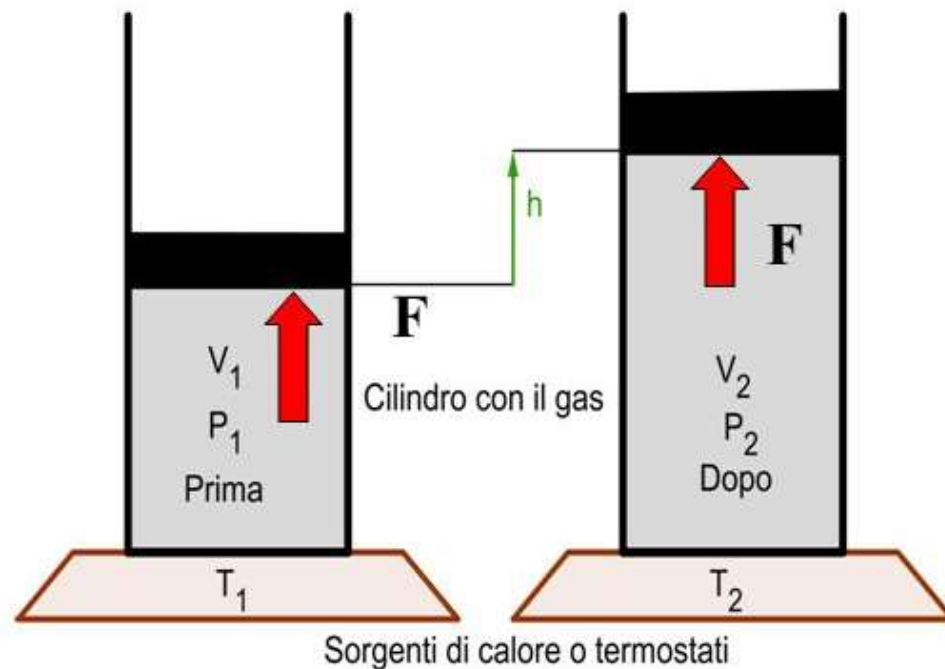


Variazione di una o più variabili

TRASFORMAZIONE TERMODINAMICA
(porta ad un nuovo stato di equilibrio)



TRASFORMAZIONE TERMODINAMICA (in un sistema chiuso)



Per definizione, la **pressione**, P , è il rapporto tra la **forza**, F , esercitata dal gas alla base del pistone e la **superficie**, S , del pistone.

$$P = \frac{F}{S}$$

ENERGIA INTERNA (E)

- Energia termica (calore)
- Energia cinetica
- Energia chimica
- Energia potenziale



NON è possibile misurare E

Posso misurare solo le variazioni di E a seguito di una trasformazione termodinamica

$$\Delta E = E_{\text{finale}} - E_{\text{iniziale}}$$

PRIMO PRINCIPIO della TERMODINAMICA ---- PRINCIPIO DI CONSERVAZIONE DELL' ENERGIA

La variazione di energia in un sistema chiuso si accompagna ad una analoga variazione di segno opposto nell'ambiente

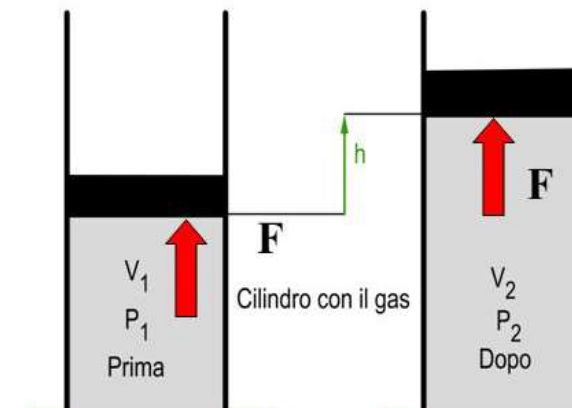
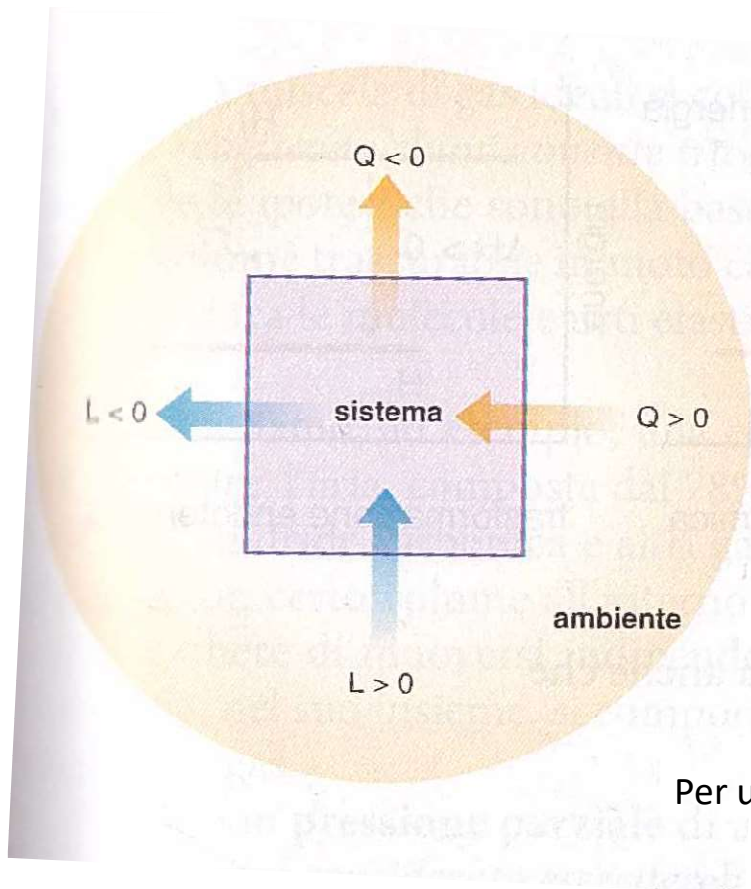
$$\Delta E_{\text{sist.}} = - \Delta E_{\text{amb.}}$$

$$\Delta E_{\text{sist.}} = Q + L$$

Calore scambiato

Lavoro compiuto

Per convenzione L valore positivo se lavoro compiuto da ambiente su sistema, valore negativo se compiuto da sistema su ambiente



$$\Delta E_{\text{sist.}} = Q - P_2 \Delta V$$

$$F \cdot h = P \cdot S \cdot h = P \cdot \Delta V$$

Aumentiamo la temperatura dell'ambiente

Per un **sistema** liquido $\Delta V = 0$ quindi la formula sarebbe stata $\Delta E_{\text{sist.}} = Q$

La grandezza termodinamica Entalpia (H)

$$H = E + PV \quad \text{ENTALPIA del sistema}$$

Dipende solo dallo stato iniziale e finale del sistema quindi si definisce **funzione di stato**

Esprime la quantità di energia che un sistema può scambiare a pressione costante e tiene conto dell'energia delle particelle e dell'energia determinata dalla pressione e dal volume del sistema stesso.

Per un sistema gassoso corrisponde alla quantità di energia che il sistema scambia sotto forma di calore

$$\Delta H = \Delta E + P\Delta V = Q$$

In un sistema liquido o solido $\Delta V = 0$ quindi $\Delta H = \Delta E = Q$ significa che la variazione di energia interna avviene solo sotto forma di scambio di calore e corrisponde alla variazione di entalpia del sistema

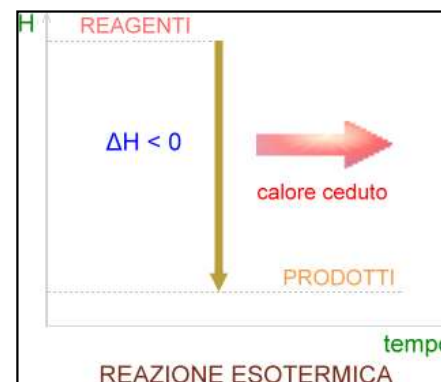
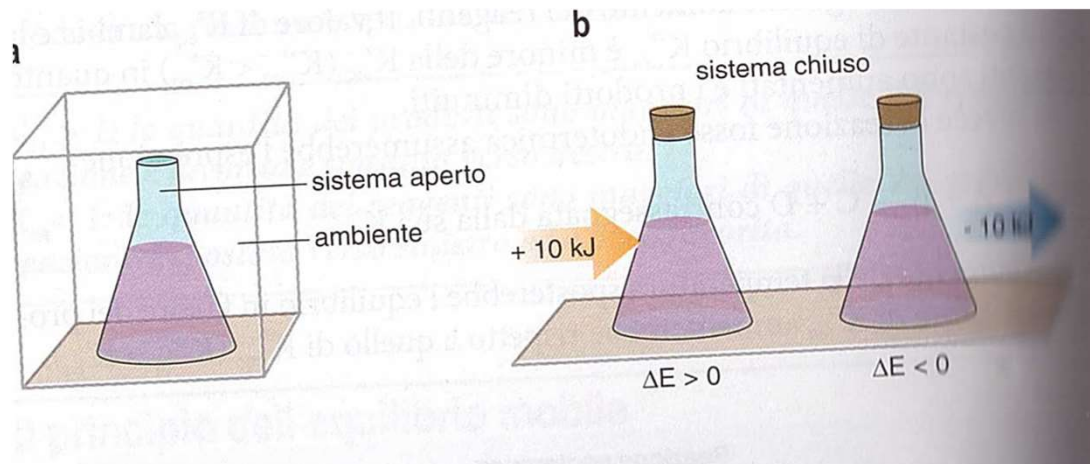


TRASFORMAZIONI ESOTERMICHE ed ENDOTERMICHE

In un sistema chiuso che cede calore all'ambiente ----- trasformazione esotermica $\Delta H < 0$

In un sistema chiuso che riceve calore dall'ambiente ----- processo endotermico $\Delta H > 0$

Reazioni chimiche e grandezze termodinamiche



La grandezza termodinamica Entropia (S)

Dipende solo dallo stato iniziale e finale del sistema quindi è una funzione di stato

Associata al concetto di equilibrio di un sistema e al concetto di **grado di disordine di un sistema intendendo per disordine la probabilità del sistema** .

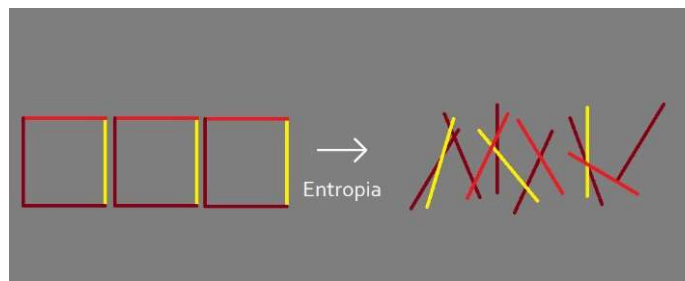
Dipende dalla temperatura

Un sistema ordinato ha meno gradi di libertà di un sistema disordinato...

I gradi di libertà di un sistema sono il numero di variabili del sistema che posso cambiare (temperatura, pressione, volume) senza che il sistema alteri il suo stato di equilibrio

Nei sistemi isolati la spontaneità di un processo è accompagnata da un aumento dell'entropia

$$\Delta S_{\text{sist.}} > 0$$



Sistema chiuso : la spontaneità dipende dalla variazione entalpica (bilancio energetico) e da quella entropica (bilancio entropico)

- ✓ In un sistema chiuso la spontaneità è sempre accompagnata da un aumento di entropia totale (ambiente + sistema) – secondo principio della termodinamica

$$\Delta S_{\text{tot}} = \Delta S_{\text{sist.}} + \Delta S_{\text{amb.}} > 0$$

Uno dei due termini può essere anche di segno negativo!

- ✓ La variazione entropica dell'ambiente è sempre associata ad un flusso di calore da o verso il sistema, che per processi a P e T costanti, corrisponde alla variazione entalpica del sistema

Quindi: $\Delta S_{\text{amb.}} > 0$ se $\Delta H_{\text{sist.}} < 0$

$\Delta S_{\text{amb.}} < 0$ se $\Delta H_{\text{sist.}} > 0$

Se il sistema e l'ambiente sono alla stessa temperatura: $\Delta S_{\text{amb.}} = - \Delta H_{\text{sist}} / T$

$$\Delta S_{\text{tot}} = \Delta S_{\text{sist.}} - \Delta H_{\text{sist}} / T > 0$$

$$- T \Delta S_{\text{tot}} = \Delta H_{\text{sist}} - T \Delta S_{\text{sist.}} < 0$$

$$(H_f - H_i) - (TS_f - TS_i) = (H_f - TS_f) - (H_i - TS_i) < 0$$

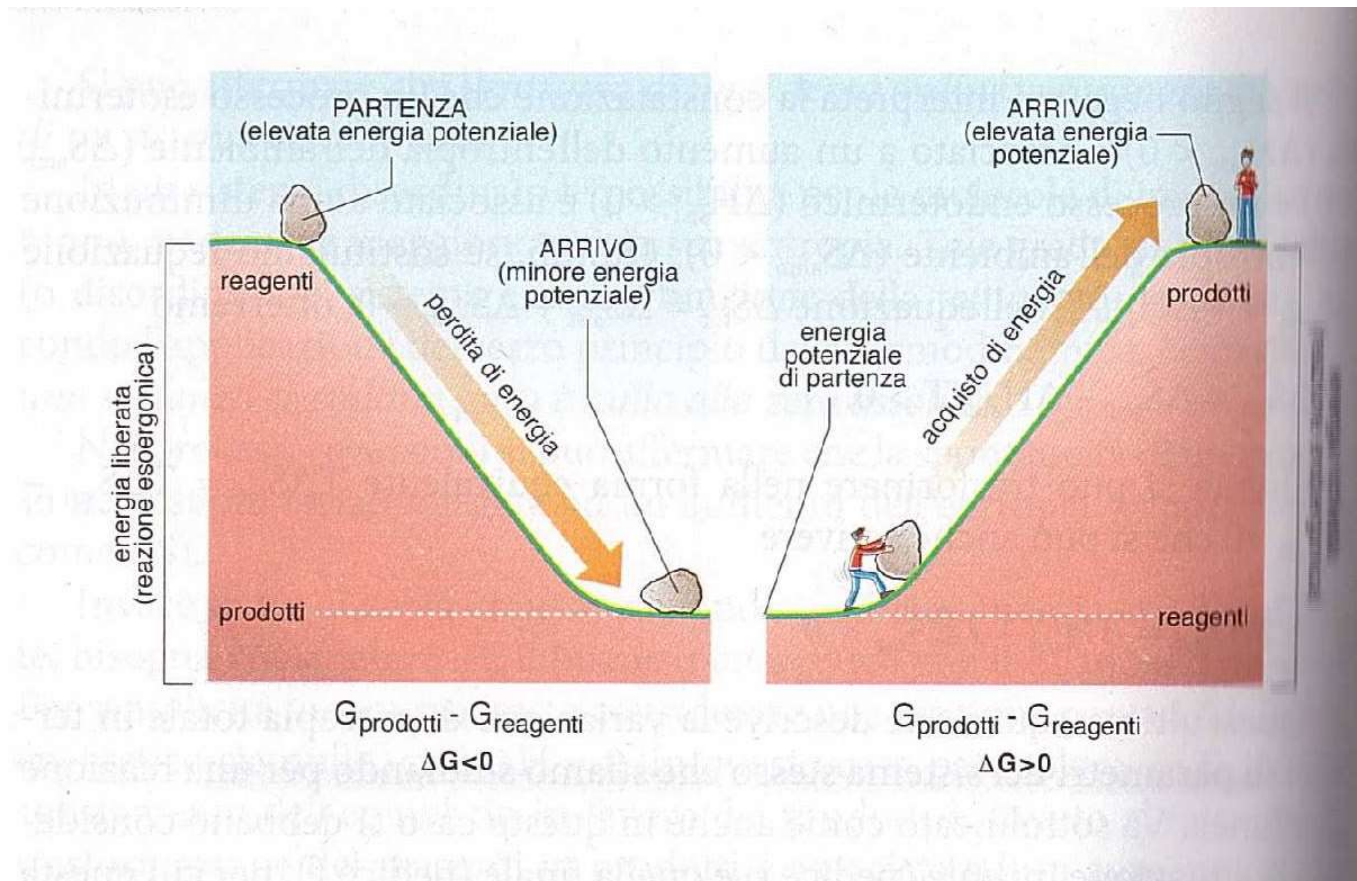
$$H - TS = G \quad \text{ENERGIA LIBERA DI GIBBS}$$

$$G_f - G_i = \Delta G < 0$$

$\downarrow \quad \downarrow$
G prodotti - G reagenti

Se ΔG reazione < 0 allora G prodotti $< G$ reagenti reazione
esoergonica e spontanea

Se ΔG reazione > 0 allora G prodotti $> G$ reagenti reazione
endoergonica e NON spontanea



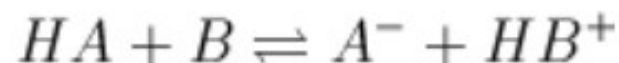
Equilibri acidi e base in soluzione acquosa

Acidi e basi secondo Arrhenius

Acidi e di basi secondo la teoria di Brønsted e Lowry

- acido una sostanza capace di cedere ioni H^+ (protoni)
- base una sostanza capace di acquistare ioni H^+ (protoni)

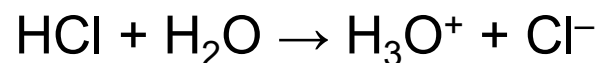
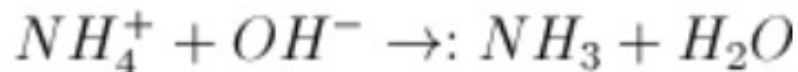
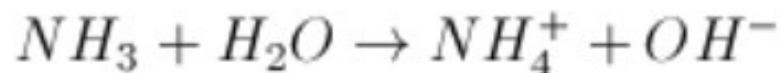
Secondo la teoria di Bronsted e Lowry, l'acido può donare il protone solo in presenza di una base che lo accetti. REAZIONE ACIDO-BASE

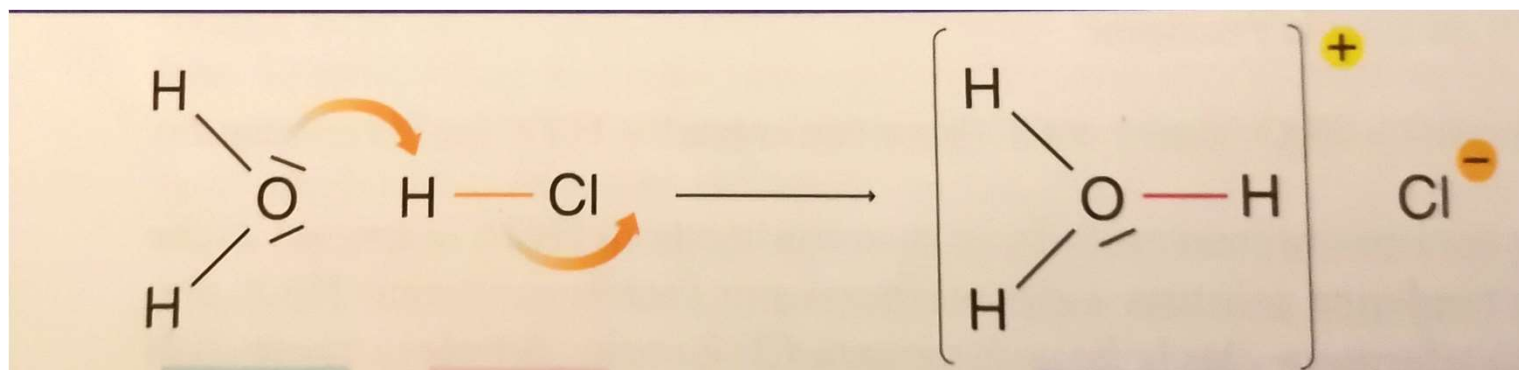
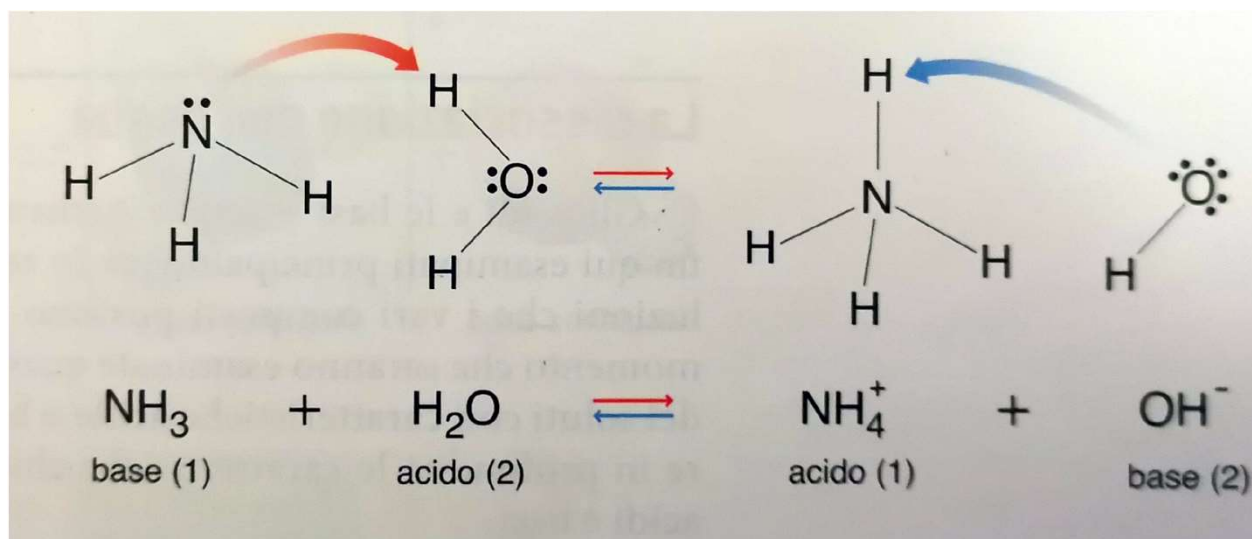


A^- base coniugata di HA

HB^+ acido coniugato di B

Le coppie coniugate acido base differiscono solo per un protone



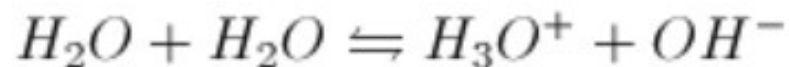


Coppie acido-base coniugata

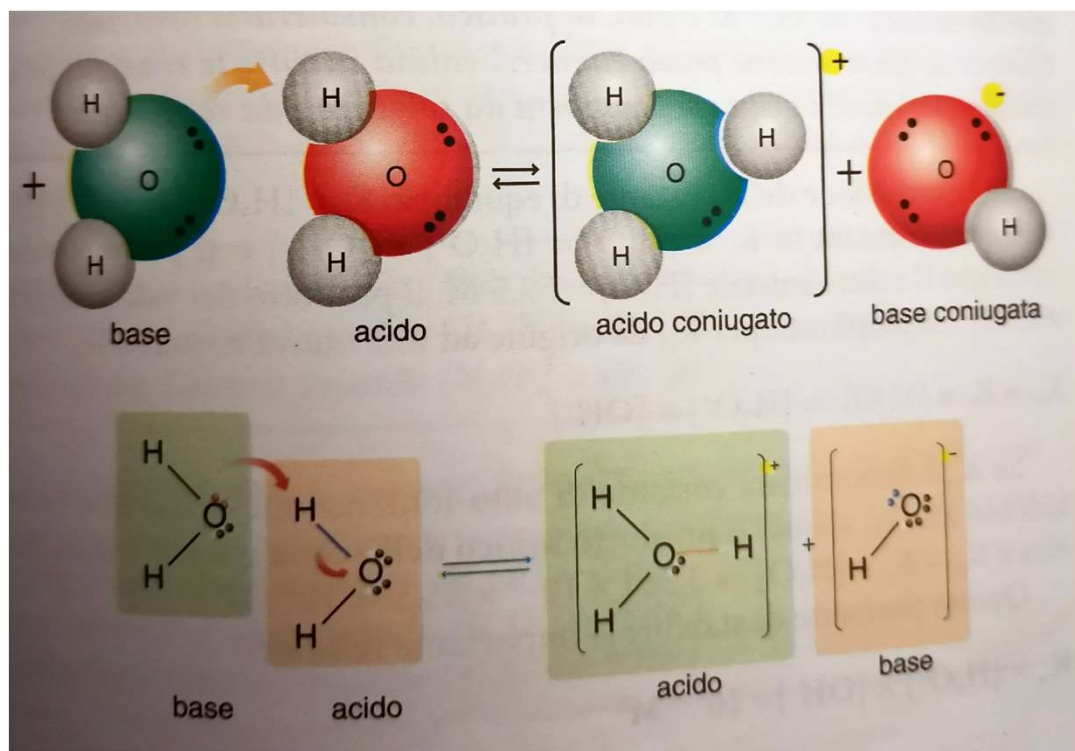
ACIDO				BASE			
pK_a	K_a	nome	formula	formula	nome	K_b	pK_b
3,74	$1,8 \times 10^{-4}$	acido formico	HCOOH	HCOO ⁻	ione formiato	$5,5 \times 10^{-11}$	10,26
4,76	$1,7 \times 10^{-5}$	acido acetico	CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻	ione acetato	$5,9 \times 10^{-10}$	9,24
6,35	$4,5 \times 10^{-7}$	acido carbonico	H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻	ione idrogeno-carbonato	$2,2 \times 10^{-8}$	7,65
7,02	$9,5 \times 10^{-8}$	acido solfidrico	H ₂ S	HS ⁻	ione idrogeno-solfuro	$1,0 \times 10^{-7}$	6,98
7,02	$9,5 \times 10^{-8}$	acido solfidrico	H ₂ S	HS ⁻	ione idrogeno-solfuro	$1,0 \times 10^{-7}$	6,98
7,19	$6,5 \times 10^{-8}$	ione idrogeno-solfito	HSO ₃ ⁻	SO ₃ ²⁻	ione solfito	$1,5 \times 10^{-7}$	6,81
7,20	$6,3 \times 10^{-8}$	ione di-idrogeno-fosfato	H ₂ PO ₄ ⁻	HPO ₄ ²⁻	ione idrogeno-fosfato	$1,6 \times 10^{-7}$	6,80
7,53	$3,0 \times 10^{-8}$	acido ipo-cloroso	HClO	ClO ⁻	ione ipo-clorito	$3,4 \times 10^{-7}$	6,47
9,24	$5,8 \times 10^{-10}$	acido borico	H ₃ BO ₃	H ₂ BO ₃ ⁻	ione di-idrogeno-borato	$1,7 \times 10^{-5}$	4,76
9,24	$5,8 \times 10^{-10}$	ione ammonio	NH ₄ ⁺	NH ₃	ammoniaca	$1,7 \times 10^{-5}$	4,76
10,33	$4,7 \times 10^{-11}$	ione idrogeno-carbonato	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	ione carbonato	$2,1 \times 10^{-4}$	3,67
12,38	$4,2 \times 10^{-13}$	ione idrogeno-fosfato	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	ione fosfato	$2,4 \times 10^{-2}$	1,62
12,89	$1,3 \times 10^{-13}$	ione idrogeno-solfuro	HS ⁻	S ²⁻	ione solfuro	$7,8 \times 10^{-2}$	1,11

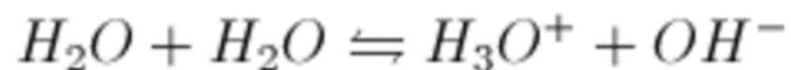
Prodotto ionico dell'acqua e acidità delle soluzioni

Le proprietà acide e basiche delle soluzioni acquose dipendono da un equilibrio che coinvolge l'acqua



Si tratta di un normale equilibrio acido-base secondo il quale una molecola d'acqua si comporta da acido e un'altra molecola di acqua si comporta da base. Questa reazione è detta di **autoionizzazione** o di autoprotolisi.





$$K_{eq} = \frac{[H_3O^+] \cdot [OH^-]}{[H_2O]^2}$$

$$K_{eq} \cdot [H_2O]^2 = [H^+] \cdot [OH^-]$$

$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-]$$

Alla temperatura di 25°C, il suo valore determinato sperimentalmente risulta essere pari a $1,0 \cdot 10^{-14}$. Pertanto si ha:

$$K_w = [H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$$

vale non soltanto per l'acqua pura, ma **per qualsiasi soluzione acquosa**

$[H^+] = [OH^-]$ ovvero $[H^+] = 10^{-7}$	<i>soluzione neutra</i>
$[H^+] > [OH^-]$ ovvero $[H^+] > 10^{-7}$	<i>soluzione acida</i>
$[H^+] < [OH^-]$ ovvero $[H^+] < 10^{-7}$	<i>soluzione basica</i>

pH e pOH

Essendo in soluzioni acquose le concentrazioni degli ioni H^+ e degli ioni OH^- espresse da valori molto piccoli, da un punto di vista pratico è conveniente utilizzare un operatore matematico che permette di operare con numeri più semplici.

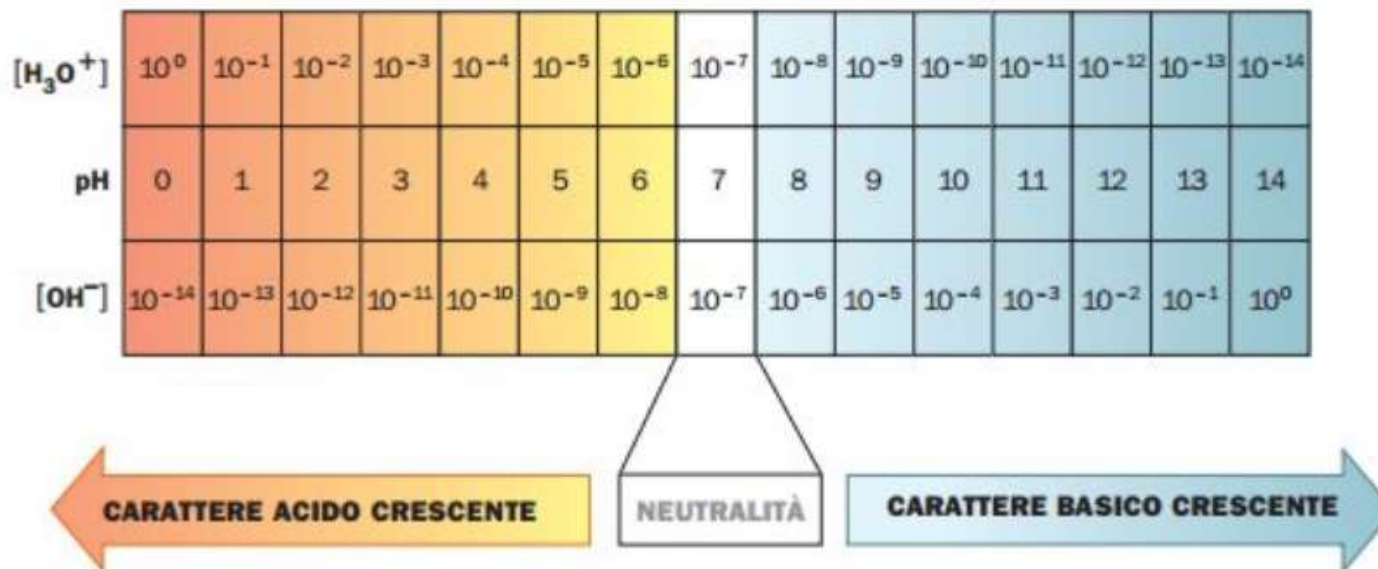
Tale operatore è il **pH**

Si definisce pH il logaritmo decimale negativo della concentrazione degli ioni H^+ :

$$pH = -\log [H^+] \quad pOH = -\log [OH^-]$$

$$[H^+] \cdot [OH^-] = 10^{-14}$$

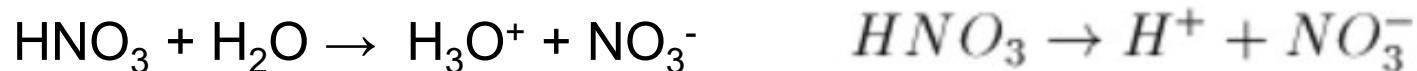
$$pH + pOH = 14$$



Forza degli acidi e delle basi: acidi e basi deboli; acidi e basi forti

Sono considerati forti quegli acidi e quelle basi che in acqua sono completamente ionizzati.

acido nitrico HNO_3 ; HCl ; HBr ; HI , HClO_4



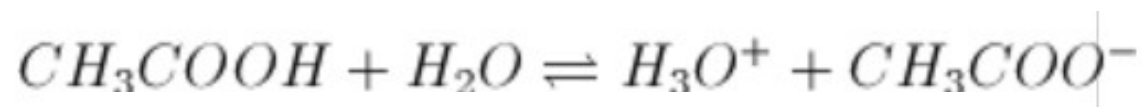
Gli idrossidi del I e del II gruppo della tavola periodica costituiscono invece le basi forti

NaOH ; LiOH ; KOH ; Ba(OH)_2



$\text{Na} - \text{O} - \text{H}$
idrossido di sodio

Gli acidi e le basi deboli invece, quando si sciolgono in acqua, si ionizzano solo in minima parte tendendo a rimanere in forma indissociata



$$K_{eq} = \frac{[H_3O^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH] \cdot [H_2O]}$$

$$K_{eq} \cdot [H_2O] = \frac{[H_3O^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

$$K_a = \frac{[H_3O^+] \cdot [CH_3COO^-]}{[CH_3COOH]}$$

La costante **Ka** è detta **costante di ionizzazione acida**

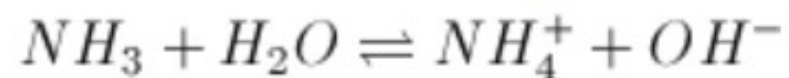
Per un generico acido HA che si dissocia secondo il seguente equilibrio:



possiamo scrivere:

$$K_a = \frac{[H_3O^+] \cdot [A^-]}{[HA]}$$

Costante di ionizzazione basica



$$K_b = \frac{[NH_4^+] \cdot [OH^-]}{[NH_3]}$$

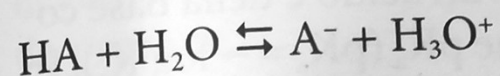
tanto più debole è la base, tanto più piccolo è il valore della sua costante basica.

Coppie acido-base coniugata

ACIDO				BASE			
pK_a	K_a	nome	formula	formula	nome	K_b	pK_b
3,74	$1,8 \times 10^{-4}$	acido formico	HCOOH	HCOO ⁻	ione formiato	$5,5 \times 10^{-11}$	10,26
4,76	$1,7 \times 10^{-5}$	acido acetico	CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻	ione acetato	$5,9 \times 10^{-10}$	9,24
6,35	$4,5 \times 10^{-7}$	acido carbonico	H ₂ CO ₃	HCO ₃ ⁻	ione idrogeno-carbonato	$2,2 \times 10^{-8}$	7,65
7,02	$9,5 \times 10^{-8}$	acido solfidrico	H ₂ S	HS ⁻	ione idrogeno-solfuro	$1,0 \times 10^{-7}$	6,98
7,02	$9,5 \times 10^{-8}$	acido solfidrico	H ₂ S	HS ⁻	ione idrogeno-solfuro	$1,0 \times 10^{-7}$	6,98
7,19	$6,5 \times 10^{-8}$	ione idrogeno-solfito	HSO ₃ ⁻	SO ₃ ²⁻	ione solfito	$1,5 \times 10^{-7}$	6,81
7,20	$6,3 \times 10^{-8}$	ione di-idrogeno-fosfato	H ₂ PO ₄ ⁻	HPO ₄ ²⁻	ione idrogeno-fosfato	$1,6 \times 10^{-7}$	6,80
7,53	$3,0 \times 10^{-8}$	acido ipo-cloroso	HClO	ClO ⁻	ione ipo-clorito	$3,4 \times 10^{-7}$	6,47
9,24	$5,8 \times 10^{-10}$	acido borico	H ₃ BO ₃	H ₂ BO ₃ ⁻	ione di-idrogeno-borato	$1,7 \times 10^{-5}$	4,76
9,24	$5,8 \times 10^{-10}$	ione ammonio	NH ₄ ⁺	NH ₃	ammoniaca	$1,7 \times 10^{-5}$	4,76
10,33	$4,7 \times 10^{-11}$	ione idrogeno-carbonato	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	ione carbonato	$2,1 \times 10^{-4}$	3,67
12,38	$4,2 \times 10^{-13}$	ione idrogeno-fosfato	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	ione fosfato	$2,4 \times 10^{-2}$	1,62
12,89	$1,3 \times 10^{-13}$	ione idrogeno-solfuro	HS ⁻	S ²⁻	ione solfuro	$7,8 \times 10^{-2}$	1,11

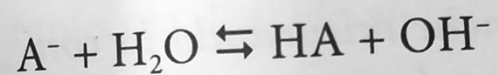
Forza di un acido e della base coniugata

Se si considera la reazione di un generico acido debole HA con acqua:



la K_a di HA è espressa dalla relazione $K_a = ([\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{A}^-]) / [\text{HA}]$.

La reazione della base A^- (base coniugata dell'acido HA) con l'acqua è data da



e la relativa K_b sarà data da

$$K_b = ([\text{OH}^-] \times [\text{HA}]) / [\text{A}^-]$$

Moltiplicando membro a membro le due equazioni e semplificando opportunamente

$$K_a = ([\text{H}_3\text{O}^+] \times [\text{A}^-]) / [\text{HA}] \text{ e } K_b = ([\text{OH}^-] \times [\text{HA}]) / [\text{A}^-]$$

si otterrà che

$$K_a \times K_b = [\text{OH}^-] \times [\text{H}_3\text{O}^+]$$

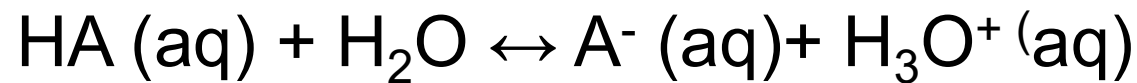
Questa espressione in forma logaritmica diventa $\text{p}K_a + \text{p}K_b = 14$

Soluzioni tampone

Una soluzione che contiene un acido debole in equilibrio con la sua base coniugata

In grado di mantenere inalterato il suo pH in seguito all'aggiunta di piccole quantità di acidi e basi forti.

La specie basica reagisce con i protoni, la specie acida con gli ioni OH^-



$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = \frac{K_a [\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$$

$$-\log[\text{H}_3\text{O}^+] = -\log \frac{K_a [\text{HA}]}{[\text{A}^-]} = -\log K_a - \log \frac{[\text{HA}]}{[\text{A}^-]}$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log_{10} \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]} \quad \text{Eq. di Henderson-Hasselbach}$$

$$\text{Se } [\text{HA}] = [\text{A}^-] \quad \text{allora} \quad \text{pH} = \text{p}K_a$$

$$\text{pH} = \text{p}K_a + \log \frac{n \text{ base}}{n \text{ acido}}$$

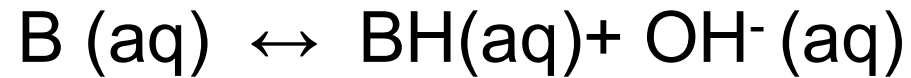
$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log_{10} \frac{[\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log_{10} \frac{n_{\text{base}} / V}{n_{\text{acido}} / V} = \text{pK}_a + \log_{10} \frac{n_{\text{base}}}{V} * \frac{V}{n_{\text{acido}}}$$



$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{n \text{ base}}{n \text{ acido}}$$

Soluzioni tampone



$$K_b = \frac{[\text{OH}^-][\text{BH}]}{[\text{B}]}$$

$$[\text{OH}^-] = \frac{K_b [\text{B}]}{[\text{BH}]}$$

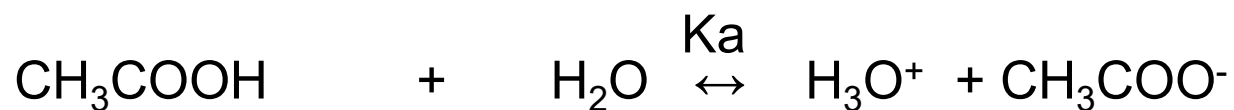
$$-\log [\text{OH}^-] = -\log \frac{K_b [\text{B}]}{[\text{BH}]} \quad \text{pOH} = -\log K_b - \log \frac{[\text{B}]}{[\text{BH}]}$$

$$\text{pOH} = \text{pK}_b + \log \frac{[\text{BH}]}{[\text{B}]}$$

$$\text{pOH} = \text{pK}_b + \log \frac{n \text{ acido}}{n \text{ base}}$$

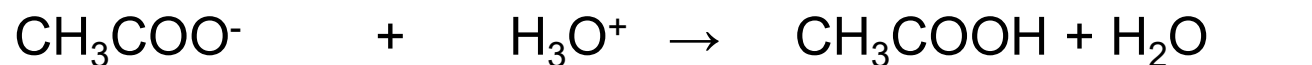
Eq. di Henderson-Hasselbach

Variazione del pH di una soluzione tampone dopo l'aggiunta di un acido forte



n_a moli CH_3COOH
 n_b moli CH_3COO^-

$$K_a = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]}{[\text{HA}]}$$



n_b	X	n_a	iniziali
-------	-----	-------	----------

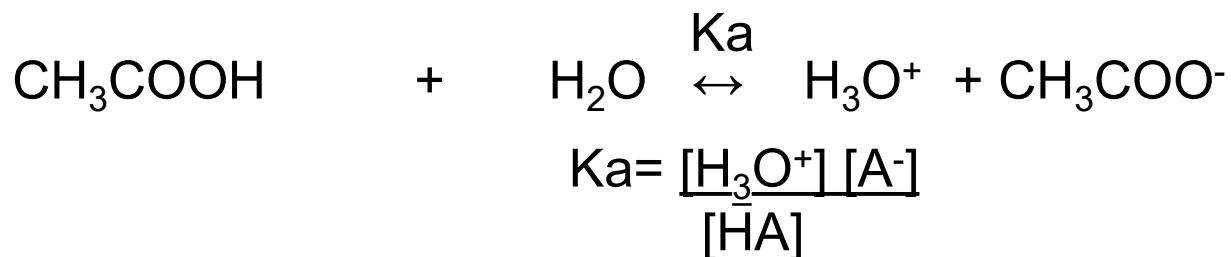
$n_b - X$	/	$n_a + X$	finali
-----------	---	-----------	--------

Aggiungiamo X moli di
 un acido forte
 quindi X moli
 di H_3O^+ -
 l'equilibrio si
 sposta verso
 sinistra

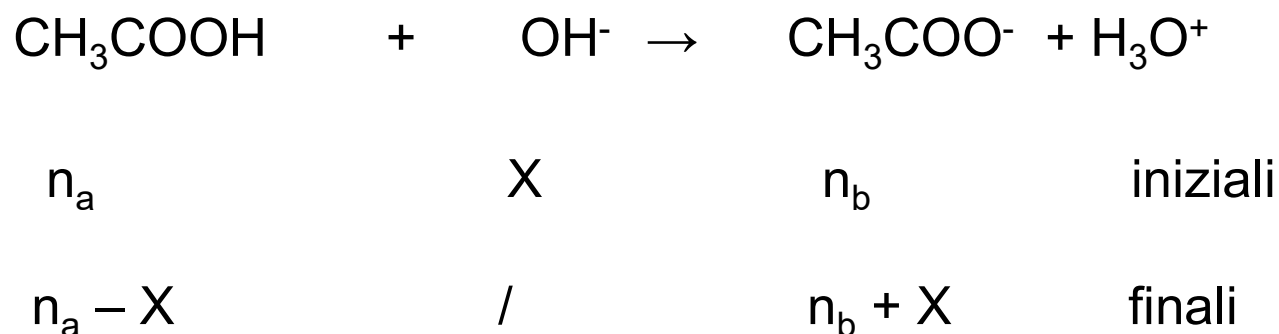
$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{n_{\text{base}}}{n_{\text{acido}}} \longrightarrow \boxed{\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{(n_b - X)}{(n_a + X)}}$$

La soluzione è capace di tamponare fintanto che il numero di moli X di acido forte aggiunto sono minori di n_b

Variazione del pH di una soluzione tampone dopo l'aggiunta di una base forte



n_a moli CH_3COOH
 n_b moli CH_3COO^-



Aggiungiamo X moli di una base forte quindi X moli di OH^- - **l'equilibrio si sposta verso destra**

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{n \text{ base}}{n \text{ acido}} \longrightarrow \boxed{\text{pH} = \text{pK}_a + \log \frac{(n_b + X)}{(n_a - X)}}$$

La soluzione è capace di tamponare fintanto che il numero di moli X di base forte aggiunto sono minori di n_a

Un sistema tampone ottimale è composto da una quantità in moli dell'acido uguale a quello della base coniugata ($n_a = n_b$) per il quale $\text{pH} = \text{pK}_a$