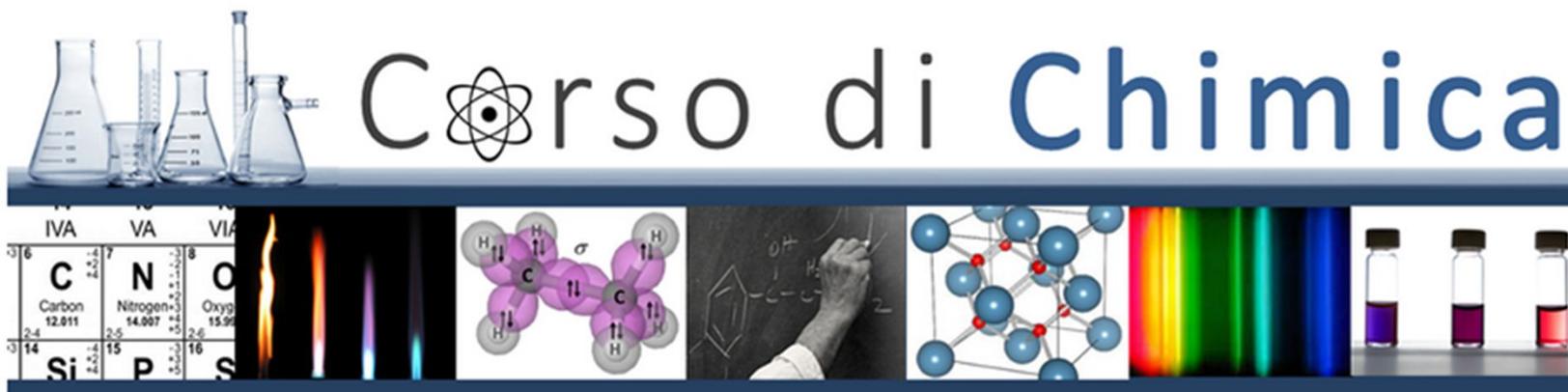




UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI DI TRIESTE

slides
delle lezioni
A. BONIFACIO

Dipartimento di Ingegneria ed Architettura



docente

Alois Bonifacio

(abonifacio@units.it)

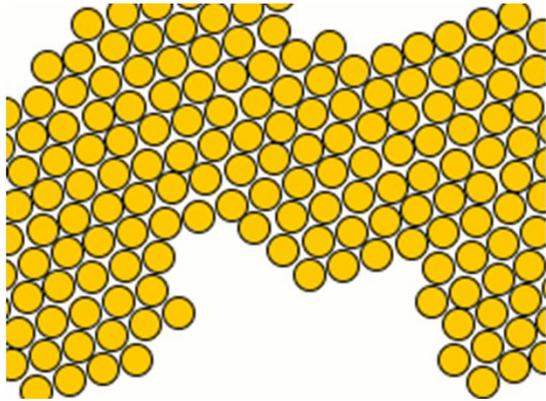
Le forze intermolecolari

Università di Trieste
2020-21
A. A.

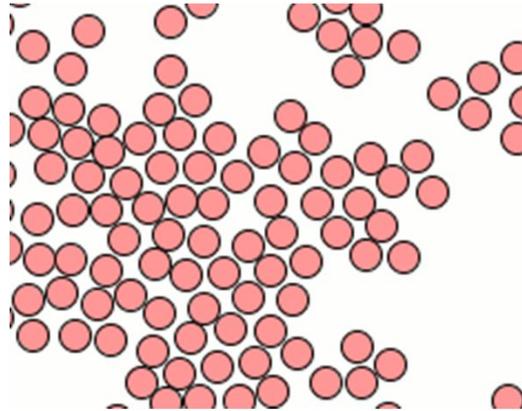
stati di aggregazione della materia

slides
delle lezioni
A. BONIFACIO

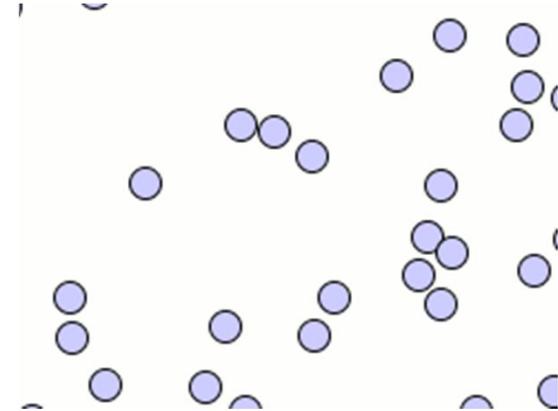
stato solido



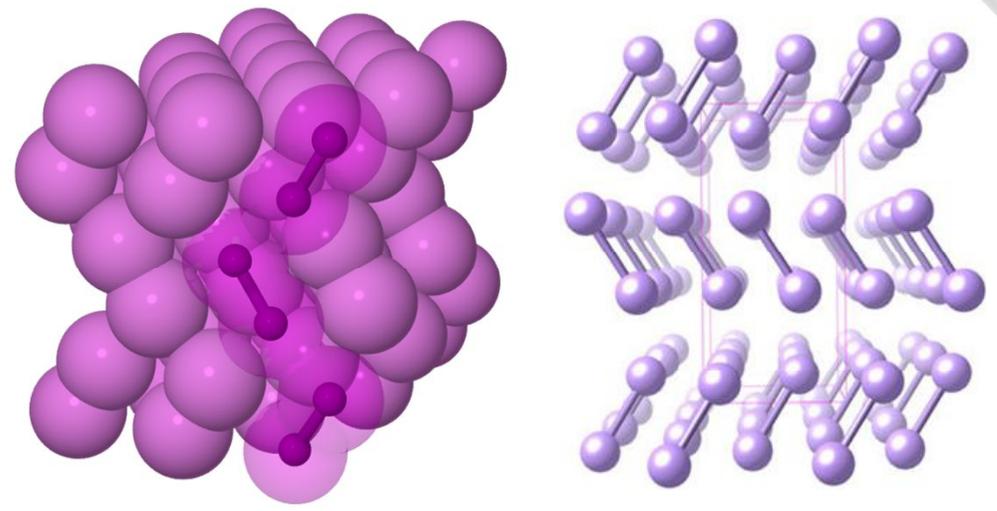
stato liquido



stato gassoso

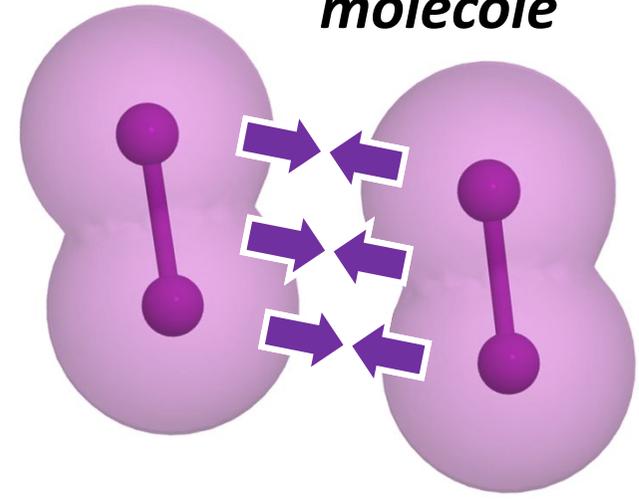


A. A.
2020-21
Università di Trieste



iodio I₂ (solido)

*interazione tra
molecole*



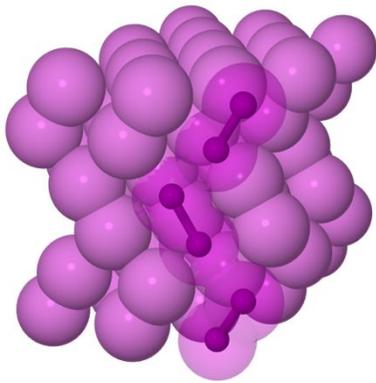
interazione tra atomi



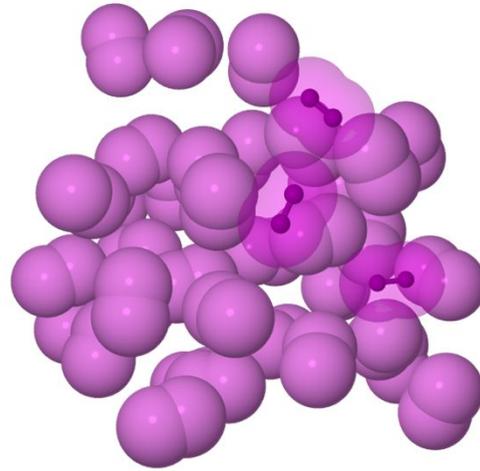
legame
covalente

stati di aggregazione della materia

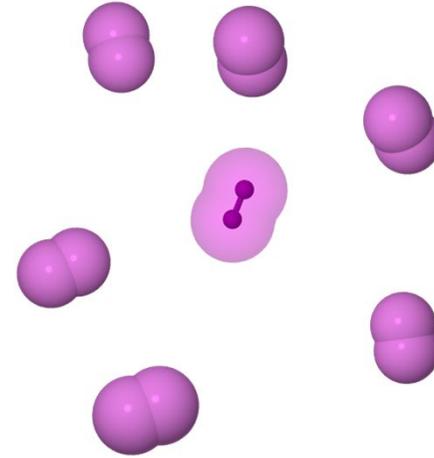
slides
delle lezioni
A. BONIFACIO



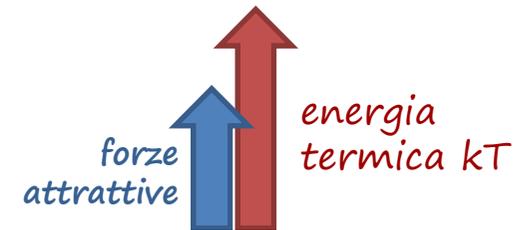
solido



liquido



gas



A. A.
2020-21
Università di Trieste

forze intramolecolari

- si manifestano all'interno di una molecola (o insieme atomi/ioni)
- più forti ($150-4000 \text{ kJ/mol}$)
- fortemente direzionali
- a corto raggio
- determinano le proprietà CHIMICHE della materia

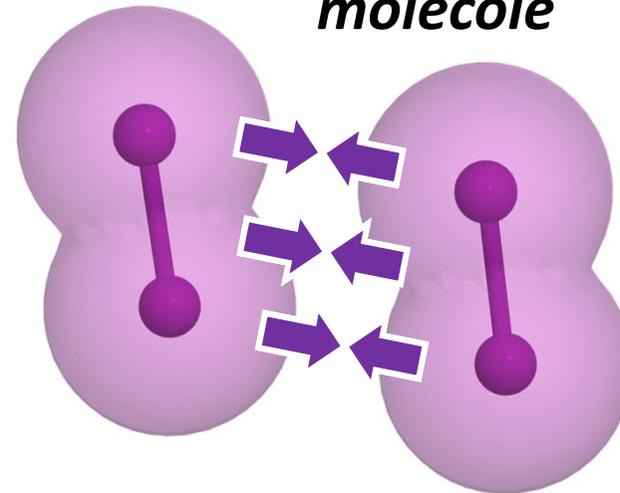
interazione tra atomi



forze intermolecolari

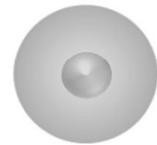
- forze che si manifestano tra entità molecolari (uguali o diverse tra loro)
- più deboli ($0.05- 30 \text{ kJ/mol}$)
- meno (non-) direzionali
- ad ampio raggio
- determinano le proprietà FISICHE della materia

interazione tra molecole



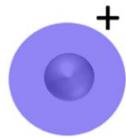
tipi di specie chimiche possibili

slides
delle lezioni
A. BONIFACIO



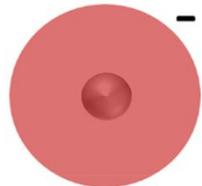
atomi neutri

He



cationi

Na⁺



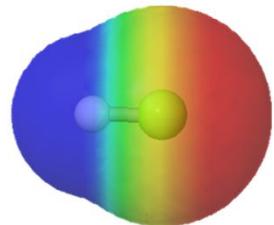
anioni

Cl⁻



molecole non-polari

H-H



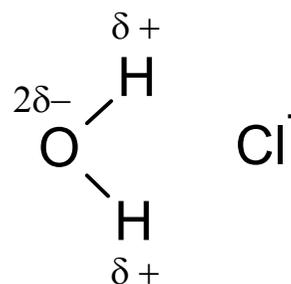
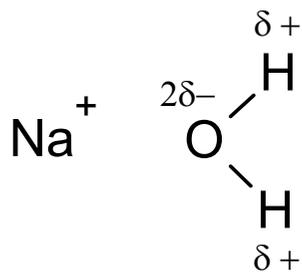
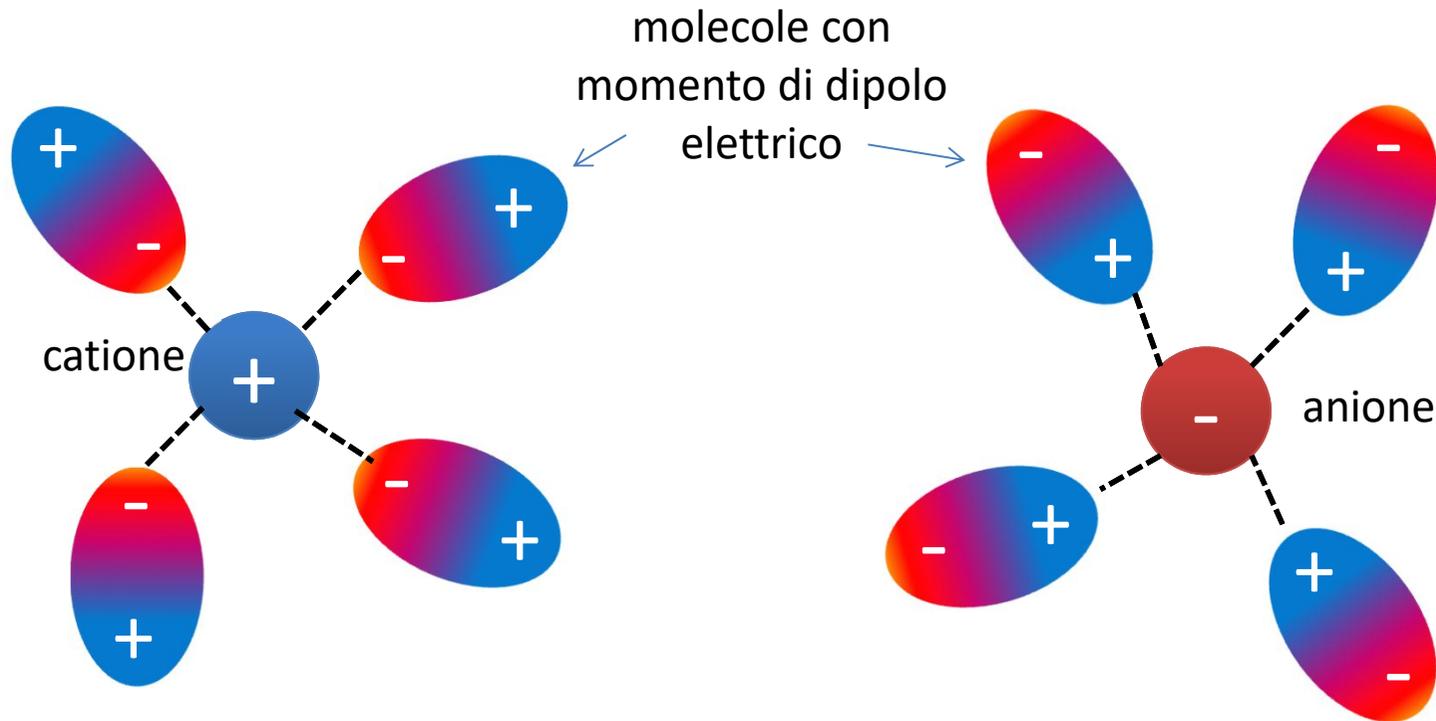
molecole polari

H-F

A.A.
2020-21
Università di Trieste

interazioni ione-dipolo (40-600 kJ/mol)

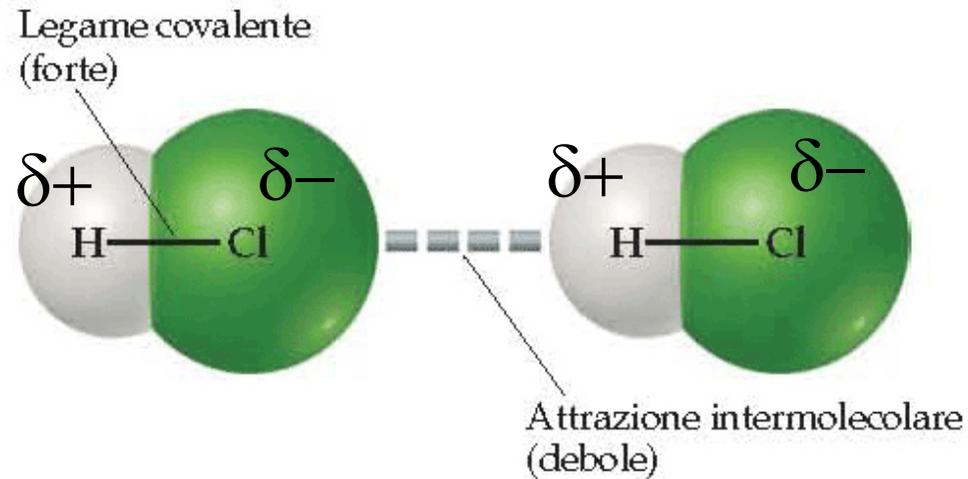
slides
delle lezioni
A. BONIFACIO



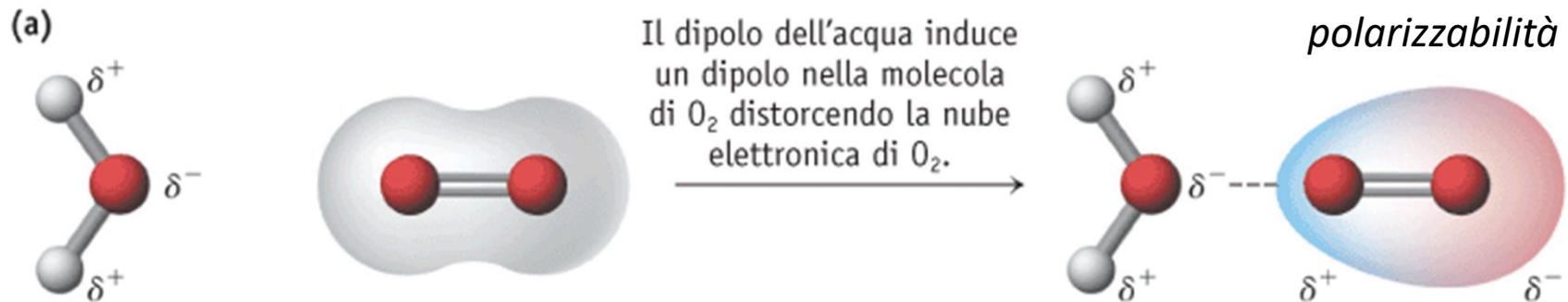
A. A.
2020-21
Università di Trieste

interazioni dipolo - dipolo (5-30 kJ/mol)

slides
delle lezioni
A. BONIFACIO



interazioni dipolo - dipolo indotto (2-10 kJ/mol)

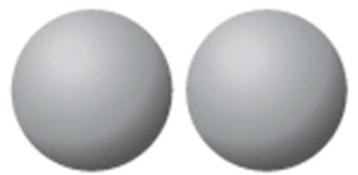


A.A. 2020-21
Università

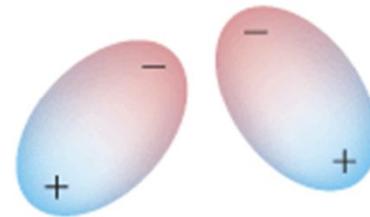
interazioni dipolo indotto - dipolo indotto (0.05-40 kJ/mol)

(forze di dispersione di London)

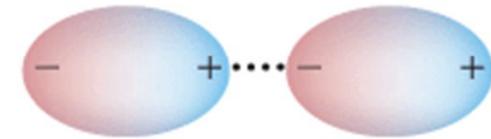
slides
dell'interazioni
A. A. UNIFAC



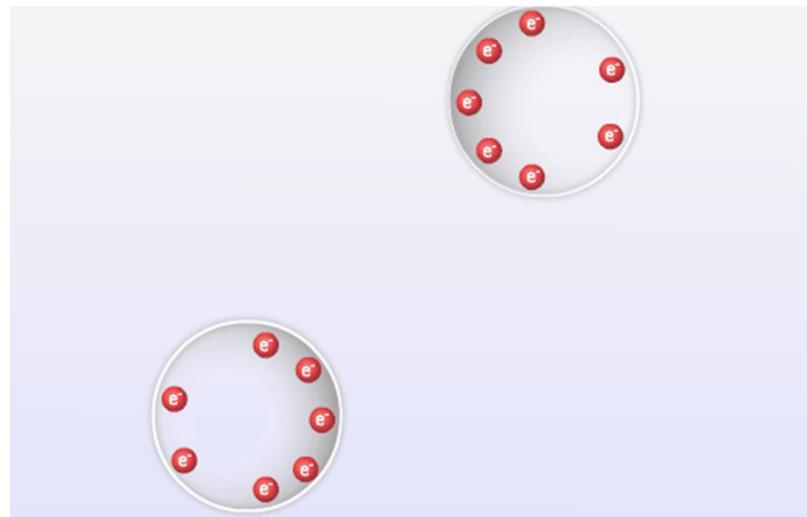
Due atomi o molecole non polari (rappresentate come se avessero una nuvola elettronica, mediata nel tempo, di forma sferica).



Le attrazioni e le repulsioni temporanee tra nuclei ed elettroni in molecole vicine producono dipoli indotti.



La correlazione tra i moti degli elettroni tra due atomi o molecole (che ora sono polari) produce un'energia minore e stabilizza il sistema.



Università di Trieste
2020-21
A. A.

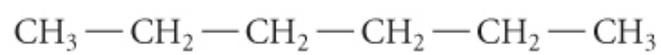
TABELLA 11.1 Punti di ebollizione di composti a 1 atm

Composto	Nome	Massa molare (g/mol)	Punto di ebollizione (°C)
F ₂	Fluoro	38	-188.1
Cl ₂	Cloro	71	-34.6
Br ₂	Bromo	160	58.8
I ₂	Iodio	254	184.4
CH ₄	Metano	16	-164
C ₂ H ₆	Etano	30	-88.6
C ₄ H ₁₀	Butano	58	-0.5
C ₆ H ₁₄	Esano	86	69
C ₆ H ₁₄	2,2-Dimetil butano	86	50
C ₆ H ₁₄	2,3-Dimetil butano	86	58

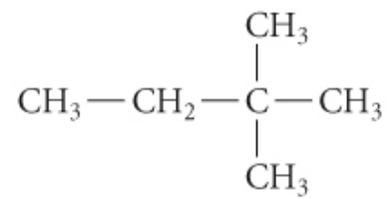
forze di dispersione di London

- funzione di:
- massa molare
 - forma

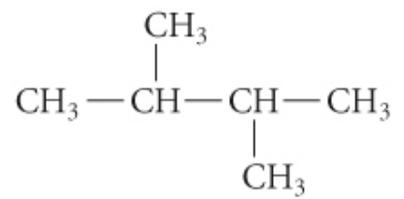
La molecola lineare di esano ha un punto di ebollizione più alto dei due isomeri, in cui alcuni degli elettroni polarizzabili sono "nascosti".



Esano
pe 68°C

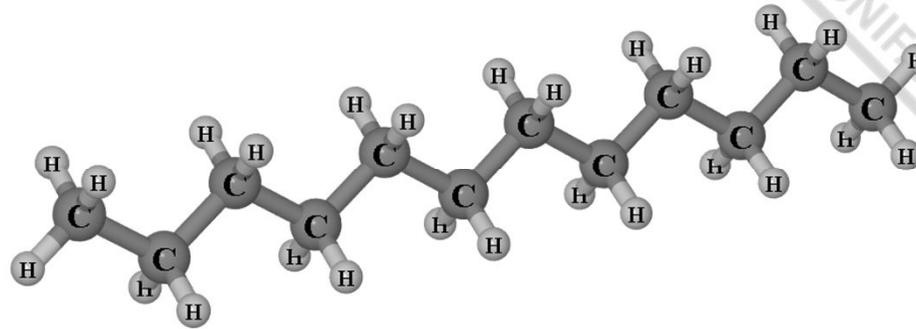
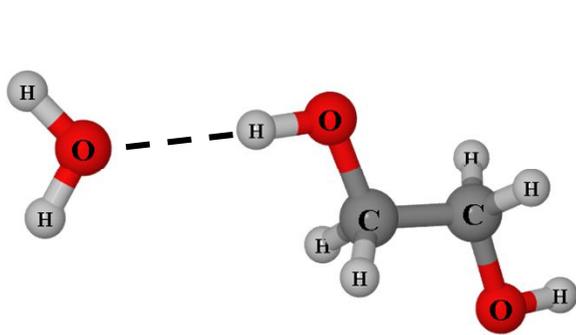


2,2-Dimetilbutano
pe 50°C

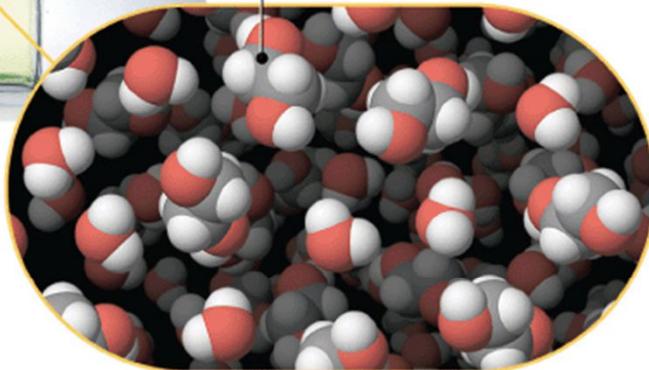


2,3-Dimetilbutano
pe 58°C

“similia similibus solvuntur” (il simile scioglie il simile)



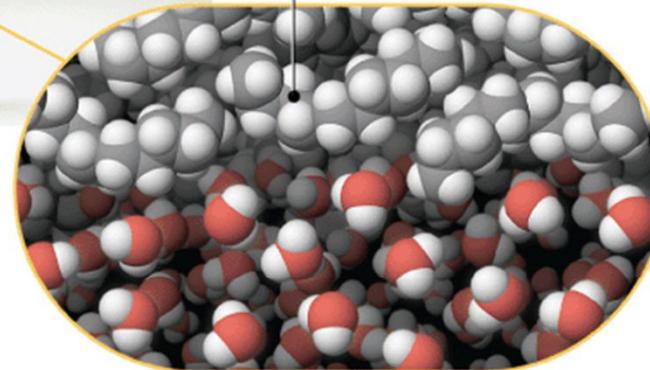
Glicole etilenico



(a) Il glicole etilenico (HOCH₂CH₂OH), un composto polare usato come antigelo per le automobili, si scioglie in acqua.



Idrocarburo



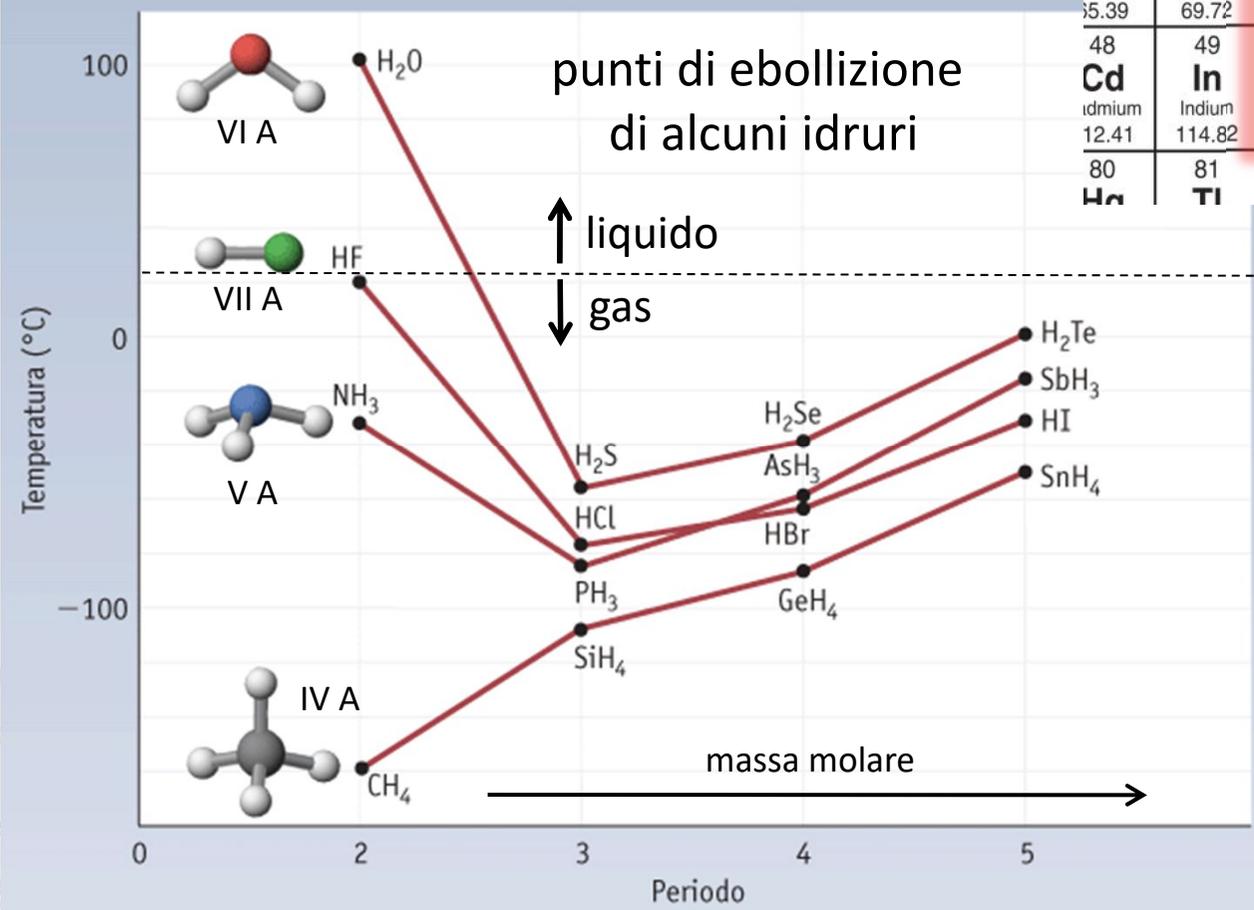
(b) L'olio non polare per automobili (un idrocarburo) si scioglie in solventi non polari come la benzina o CCl₄. Non si scioglie, tuttavia, in un solvente polare, come l'acqua. Smacchiatori commerciali usano solventi non polari per sciogliere olio e grassi dai tessuti.

slides
delle lezioni
BONIFICIO

ste
7
4
U

1 1A	2 2A											13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	18 8A																																
1 H Hydrogen 1.01																	2 He Helium 4.00																																
3 Li Lithium 6.94	4 Be Beryllium 9.01											5 B Boron 10.81	6 C Carbon 12.01	7 N Nitrogen 14.01	8 O Oxygen 16.00	9 F Fluorine 19.00	10 Ne Neon 20.18																																
11 Na Sodium 22.99	12 Mg Magnesium 24.31	3 Al Aluminum 26.98	4 Si Silicon 28.09	5 P Phosphorus 30.97	6 S Sulfur 32.07	7 Cl Chlorine 35.45	8 Ar Argon 39.95	9 K Potassium 39.10	10 Ca Calcium 40.08	11 Sc Scandium 44.96	12 Ti Titanium 47.87	13 V Vanadium 50.94	14 Cr Chromium 52.00	15 Mn Manganese 54.94	16 Fe Iron 55.85	17 Co Cobalt 58.93	18 Ni Nickel 58.69	19 Cu Copper 63.55	20 Zn Zinc 65.39	21 Ga Gallium 69.72	22 Ge Germanium 72.61	23 As Arsenic 74.92	24 Se Selenium 78.96	25 Br Bromine 79.90	26 Kr Krypton 83.80																								
37 Rb Rubidium 85.47	38 Sr Strontium 87.62	39 Y Yttrium 88.91	40 Zr Zirconium 91.22	41 Nb Niobium 92.91	42 Mo Molybdenum 95.94	43 Tc Technetium (98)	44 Ru Ruthenium 101.07	45 Rh Rhodium 102.91	46 Pd Palladium 106.42	47 Ag Silver 107.87	48 Cd Cadmium 112.41	49 In Indium 114.82	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.76	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.90	54 Xe Xenon 131.29	55 Cs Cesium 132.91	56 Ba Barium 137.33	57 La Lanthanum 138.91	58 Ce Cerium 140.12	59 Pr Praseodymium 140.91	60 Nd Neodymium 144.24	61 Pm Promethium (145)	62 Sm Samarium 150.36	63 Eu Europium 151.96	64 Gd Gadolinium 157.25	65 Tb Terbium 158.93	66 Dy Dysprosium 162.50	67 Ho Holmium 164.93	68 Er Erbium 167.26	69 Tm Thulium 168.93	70 Yb Ytterbium 173.05	71 Lu Lutetium 174.97	72 Hf Hafnium 178.49	73 Ta Tantalum 180.95	74 W Tungsten 183.84	75 Re Rhenium 186.21	76 Os Osmium 190.23	77 Ir Iridium 192.22	78 Pt Platinum 195.08	79 Au Gold 196.97	80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98	84 Po Polonium (209)	85 At Astatine (210)	86 Rn Radon (222)
87 Fr Francium (223)	88 Ra Radium (226)	89 Ac Actinium (227)	90 Th Thorium (232)	91 Pa Protactinium (231)	92 U Uranium (238)	93 Np Neptunium (237)	94 Pu Plutonium (244)	95 Am Americium (243)	96 Cm Curium (247)	97 Bk Berkelium (247)	98 Cf Californium (251)	99 Es Einsteinium (252)	100 Fm Fermium (257)	101 Md Mendelevium (258)	102 Nh Nihonium (285)	103 Ds Darmstadtium (285)	104 Rg Roentgenium (286)	105 Uu Ununpentium (288)	106 Uub Ununhexium (289)	107 Uuh Ununheptium (291)	108 Uuo Ununoctium (293)	109 Uuq Ununquadium (294)	110 Uuq Ununquadium (295)	111 Uuh Ununheptium (296)	112 Uuo Ununoctium (297)	113 Uuq Ununquadium (298)	114 Uuq Ununquadium (299)	115 Uup Ununpentium (303)	116 Uuq Ununquadium (304)	117 Uup Ununpentium (305)	118 Uuo Ununoctium (306)	119 Uuq Ununquadium (307)	120 Uuo Ununoctium (308)	121 Uuq Ununquadium (309)	122 Uuo Ununoctium (310)	123 Uuq Ununquadium (311)	124 Uuo Ununoctium (312)	125 Uuq Ununquadium (313)	126 Uuo Ununoctium (314)	127 Uuq Ununquadium (315)	128 Uuo Ununoctium (316)	129 Uuq Ununquadium (317)	130 Uuo Ununoctium (318)						

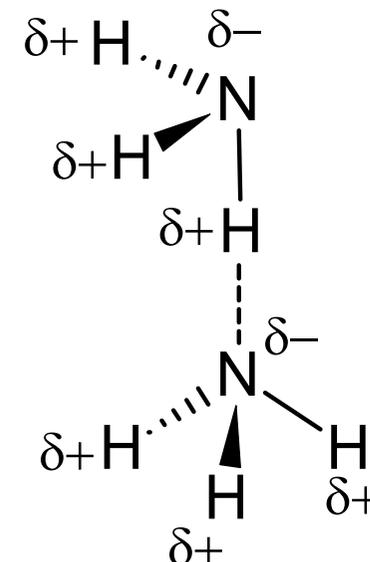
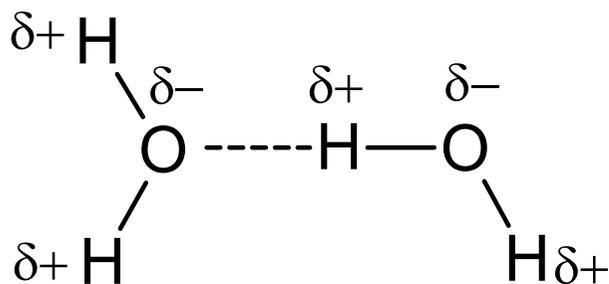
13 3A	14 4A	15 5A	16 6A	17 7A	Helium 4.00
5 B Boron 10.81	6 C Carbon 12.01	7 N Nitrogen 14.01	8 O Oxygen 16.00	9 F Fluorine 19.00	10 Ne Neon 20.18
13 Al Aluminum 26.98	14 Si Silicon 28.09	15 P Phosphorus 30.97	16 S Sulfur 32.07	17 Cl Chlorine 35.45	18 Ar Argon 39.95
30 Zn Zinc 65.39	31 Ga Gallium 69.72	32 Ge Germanium 72.61	33 As Arsenic 74.92	34 Se Selenium 78.96	35 Br Bromine 79.90
48 Cd Cadmium 112.41	49 In Indium 114.82	50 Sn Tin 118.71	51 Sb Antimony 121.76	52 Te Tellurium 127.60	53 I Iodine 126.90
80 Hg Mercury 200.59	81 Tl Thallium 204.38	82 Pb Lead 207.2	83 Bi Bismuth 208.98	84 Po Polonium (209)	85 At Astatine (210)



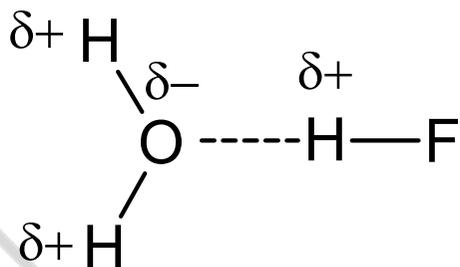
slides
lezioni
ACIO

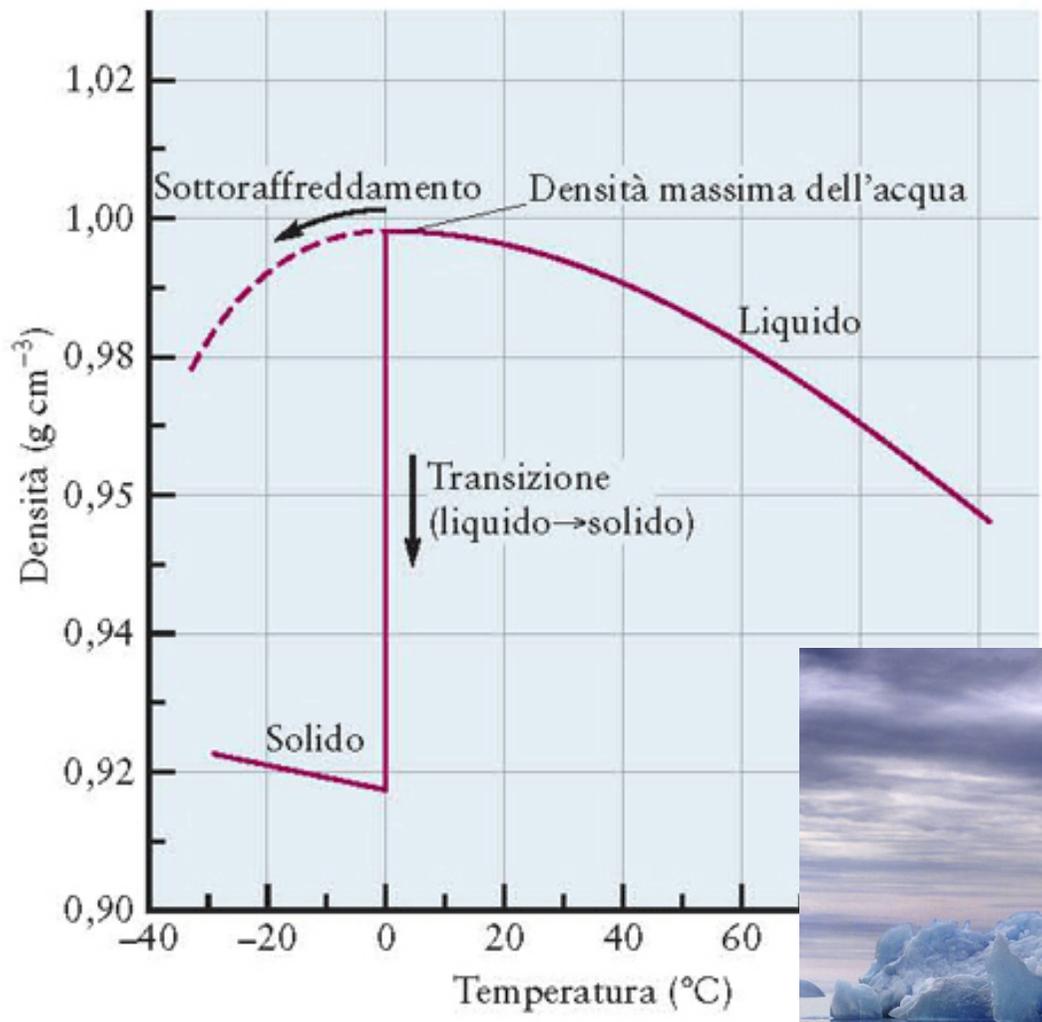
legame a idrogeno (5-40 kJ/mol)

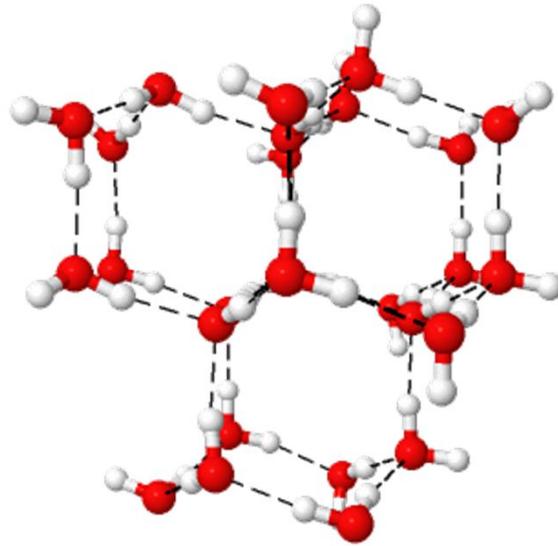
forma di interazione elettrostatica tra un atomo elettronegativo ed uno di H, legato ad un secondo atomo relativamente elettronegativo (*IUPAC*)



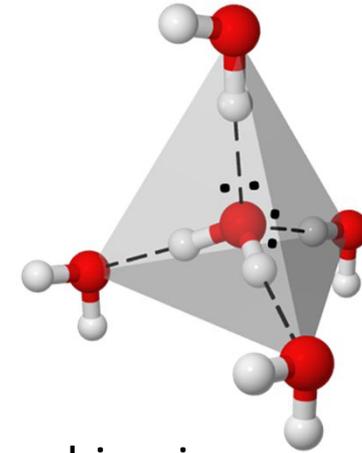
differenza con altre interazioni
altamente direzionale



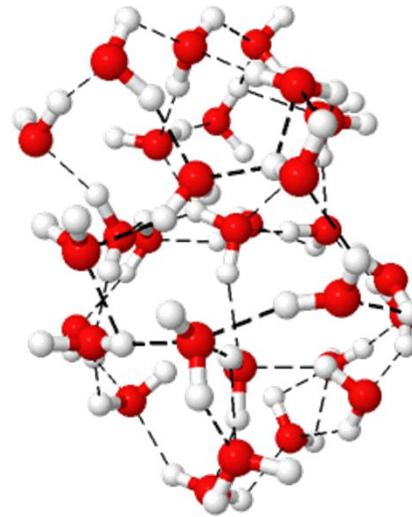




struttura ghiaccio
(ordinata)



slides
delle lezioni
A. BONIFACIO



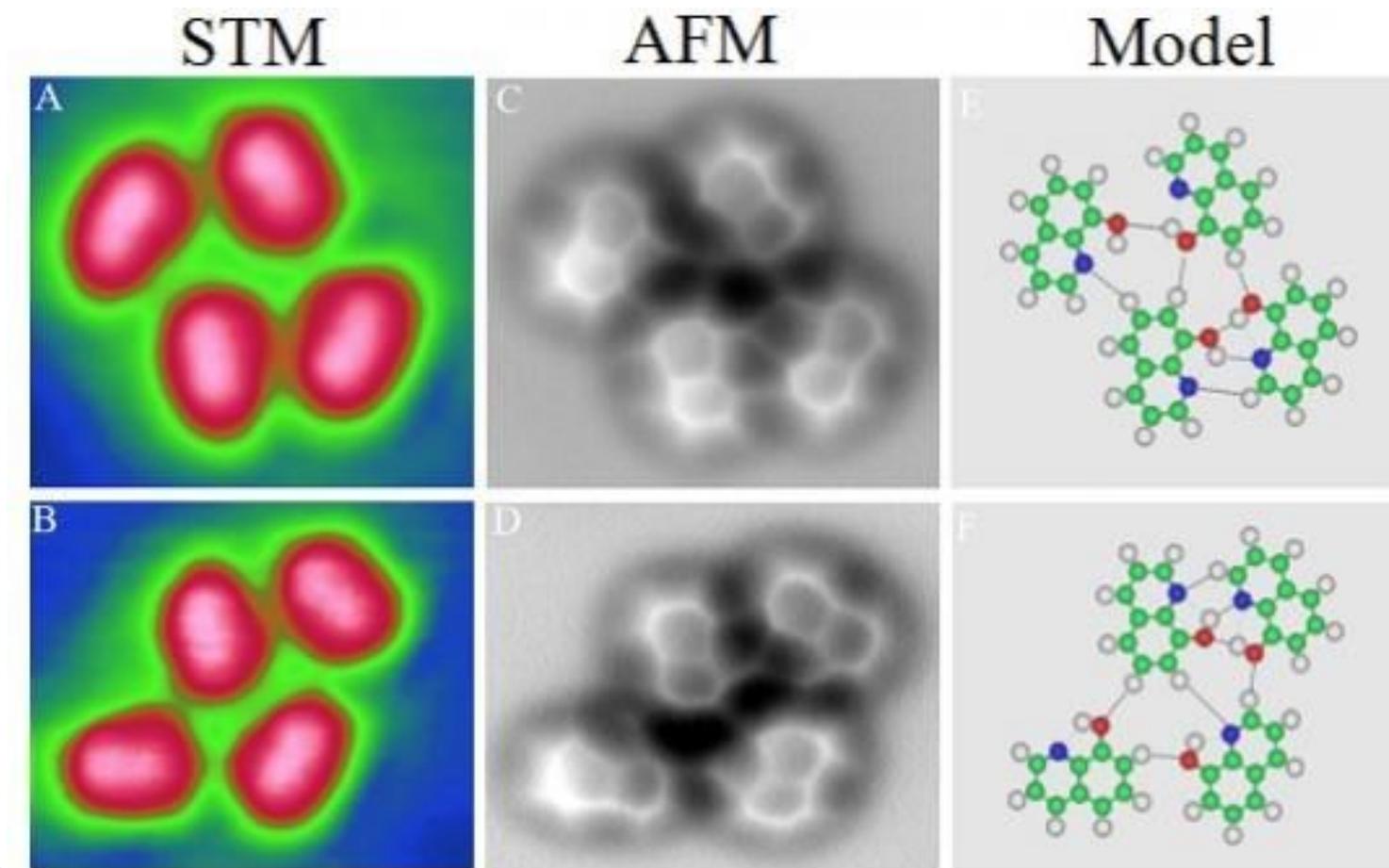
struttura acqua liquida
(disordinata)

Univ.
2020-21
di Trieste
A. A.

Real-Space Identification of Intermolecular Bonding with Atomic Force Microscopy

Jun Zhang¹, Pengcheng Chen, Bingkai Yuan, Wei Ji, Zhihai Cheng, Xiaohui Qiu¹

slides
delle lezioni
A.A. ONIFACIO



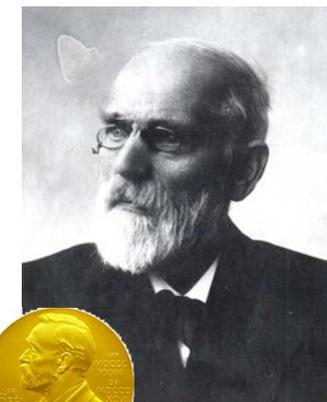
Università di Trieste
2020-21
A. A.

TABELLA 12.5 Riassunto delle forze intermolecolari

Tipi di interazioni	Fattori responsabili dell'interazione	Energia approssimata (kJ/mol)	Esempio
Ione-dipolo	Carica ionica, grandezza del dipolo	40-600	$\text{Na}^+ \dots \text{H}_2\text{O}$
Dipolo-dipolo	Momento di dipolo (dipende dalle elettronegatività degli atomi e dalla struttura molecolare)	20-30	$\text{H}_2\text{O} \dots \text{CH}_3\text{OH}$
Legame a idrogeno, $\text{X}-\text{H} \dots \text{:Y}$	Legame $\text{X}-\text{H}$ molto polare (dove $\text{X} = \text{F}, \text{N}, \text{O}$) e atomo Y con coppia di elettroni solitari	5-30	$\text{H}_2\text{O} \dots \text{H}_2\text{O}$
Dipolo/dipolo indotto	Momento di dipolo di molecola polare e polarizzabilità di molecola non polare	2-10	$\text{H}_2\text{O} \dots \text{I}_2$
Dipolo indotto/dipolo indotto (forze di dispersioni di London)	Polarizzabilità	0.05-40	$\text{I}_2 \dots \text{I}_2$

forze di van der Waals

J.D. van der Waals



Fisica
1910