

CHIMICA DELLE SUPERFICI ED INTERFASI

DOTT. GIULIA FIORAVANTI

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA
LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA CHIMICA
LAUREA MAGISTRALE IN SCIENZE CHIMICHE

SISTEMI DISPERSI

SISTEMI DISPERSI

I MISCUGLI DI DUE O PIÙ SOSTANZE COSTITUISCONO SISTEMI ETEROGENEI SE LA LORO COMPOSIZIONE VARIA LOCALMENTE ED È POSSIBILE DISTINGUERE FASI DIVERSE (VICEVERSA, SONO SISTEMI OMOGENEI).

CONSIDERIAMO DEI **SISTEMI ETEROGENEI BIFASICI**, NEI QUALI UNA SOSTANZA È DISPERSA UNIFORMEMENTE NELL'ALTRA IN FORMA DI PARTICELLE O GOCCE FINEMENTE DIVISE.

IN QUESTI SISTEMI, IL COMPONENTE PRESENTE IN FORMA SUDDIVISA O DISCONTINUA ED IL MEZZO CONTINUO IN CUI LA SOSTANZA È DISTRIBUITA, VENGONO RISPETTIVAMENTE CHIAMATI "**FASE DISPERSA**" E "**FASE DISPERDENTE**".

MISCUGLI	COLLOIDI	SOLUZIONI
particelle grandi > 0,2 μm	particelle medie 0,2 - 0,002 μm	particelle piccole < 0,002 μm

SISTEMI ETEROGENEI BIFASICI

TRA LE DISPERSIONI NETTAMENTE ETEROGENEE E QUELLE OMOGENEE, ESISTONO LE COSIDDETTE "**DISPERSIONI COLLOIDALI**" LE QUALI, PUR APPARENDO OMOGENEE ALL'OSSERVAZIONE DIRETTA, SI COMPORTANO IN MODO DIVERSO DALLE SOLUZIONI VERE.

Fase disperdente	Fase dispersa	Tipologia	Esempi
Gas	Liquido	Aerosol	Nuvole, nebbie, Spray
Gas	Solido	Aerosol	Fumi, Polvere
Liquido	Gas	Emulsione gassosa	Schiuma da barba, panna montata
Liquido	Liquido	Emulsione	Latte, Maionese, Sangue
Liquido	Solido	Sol	Dentifricio, Au/Ag colloidali
Solido	Gas	Schiume solide	Antincendi, Polistirene espanso
Solido	Liquido	Gel	Gel di silice, Formaggio
Solido	Solido	Sol solidi	Opale, Vetro, Leghe

A SECONDA DEL TIPO DI FASE DISPERSA (LIQUIDO, SOLIDO O GAS) E FASE CONTINUA SI POSSONO DISTINGUERE NUMEROSI TIPI DI DISPERSIONI COLLOIDALI.

CLASSIFICAZIONE IN BASE ALLE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE DISPERSE

- **SOSPENSIONI, EMULSIONI:** LE PARTICELLE COSTITUENTI LA FASE DISPERSA HANNO **DIAMETRO SUPERIORE A 10^{-5} cm** ($> 0,1 \mu\text{M}$) E SONO VISIBILI AL MICROSCOPIO (ES., GRANULATI, MICROCAPSULE)
- **SISTEMI COLLOIDALI: LE PARTICELLE DISPERSE HANNO DIAMETRO COMPRESO FRA 10^{-5} - 10^{-7} cm** ($0,1$ - $0,001 \mu\text{M}$) E SONO DISTINGUIBILI ALL'ULTRAMICROSCOPIO (ES., LIPOSOMI, 50 - 500 nm; MICROEMULSIONI, 5 - 140 nm, IN QUESTO CASO NON È BEN CHIARO SE SI TRATTI DI SISTEMI MICELLARI RIGONFI O GLOBULI DI EMULSIONI)
- **SOLUZIONI VERE E PROPRIE:** LE PARTICELLE DISPERSE HANNO DIMENSIONI INFERIORI A 10^{-7} cm E NON SONO OSSERVABILI PERFINO AL MICROSCOPIO ELETTRONICO.

SISTEMI COLLOIDALI

LE MACROMOLECOLE FORMANO PER LORO NATURA SISTEMI COLLOIDALI, MENTRE PER LE MICELLE CIÒ AVVIENE SOLO IN RAPPORTO AL MEZZO DISPERDENTE IN CUI SI TROVANO.

- IL **CLORURO SODICO IN ACQUA** SI IONIZZA PRODUCENDO UNA VERA SOLUZIONE, MENTRE **IN ALCOL** FORMA COMPLESSI AGGREGATI MOLECOLARI A CARATTERE COLLOIDALE.
- VICEVERSA, IL **SAPONE PURO SCIOLTO IN ALCOL** DÀ UNA VERA SOLUZIONE, IN QUANTO VI SI TRASFORMA IN MOLECOLE SINGOLE, MENTRE **IN ACQUA** PRODUCE MICELLE COMPORTANDOSI DA COLLOIDE.

SI PUÒ QUINDI CONCLUDERE CHE LA CAPACITÀ DI DARE DISPERSIONI COLLOIDALI E DI MOSTRARNE LE PROPRIETÀ NON È UNA CARATTERISTICA DI DETERMINATE SOSTANZE, MA DIPENDE DAL COMPORTAMENTO DEL **SISTEMA BIFASICO** NEL SUO INSIEME.

CARATTERISTICHE COLLOIDI

- **LIOFILI**: AFFINI CON IL SOLVENTE, SONO SOLUBILI IN ESSO.

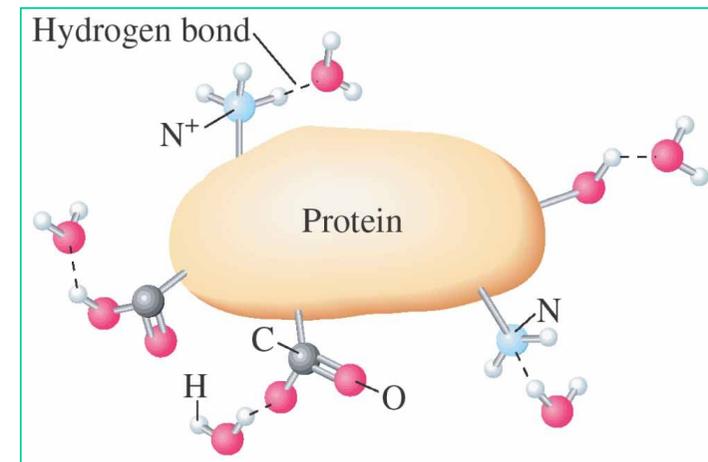
SE IL MEZZO DISPERDENTE È L'ACQUA, SI PARLA DI IDROFILI, E SONO SISTEMI STABILI.

ESEMPI: MOLTE **PROTEINE** BIOLOGICHE COME IL **PLASMA** SANGUIGNO.

- **LIOFOBI**: SONO QUELLI LE CUI PARTICELLE DISPERSE NON PRESENTANO AFFINITÀ CON UN SOLVENTE (SE IL MEZZO DISPERDENTE È L'ACQUA, SI PARLA DI IDROFOBI) E SONO **SISTEMI INSTABILI**, POSSONO DARE LUOGO A COAGULAZIONE PER ADDIZIONE DI PICCOLE QUANTITÀ DI ELETTROLITI O LEGGERI AUMENTI DI TEMPERATURA.

RICHIEDONO LA PRESENZA DI EMULSIONANTI PER STABILIZZARSI IN ACQUA (COLLOIDI IRREVERSIBILI).

IN GENERE I COLLOIDI LIOFOBI SONO **MICELLARI**.



ESEMPI DI COLLOIDI IN CUCINA

- IL **LATTE OMOGENEIZZATO** È UN **COLLOIDE IDROFOBO**. IL LATTE È UN'EMULSIONE DI GRASSO BUTIRRICO E PROTEINE DISPERSE IN ACQUA. LA CASEINA È LA PROTEINA CHE AGISCE DA AGENTE EMULSIONANTE.
- ANCHE LA **MAIONESE** È UN **COLLOIDE IDROFOBO**. LA MAIONESE È COSTITUITA DA OLIO VEGETALE E UOVA IN SOSPENSIONE COLLOIDALE (IN ACQUA). L'AGENTE EMULSIONANTE È LA LECITINA, PROTEINA DEL TUORLO D'UOVO.

Separazione di fase nel tempo

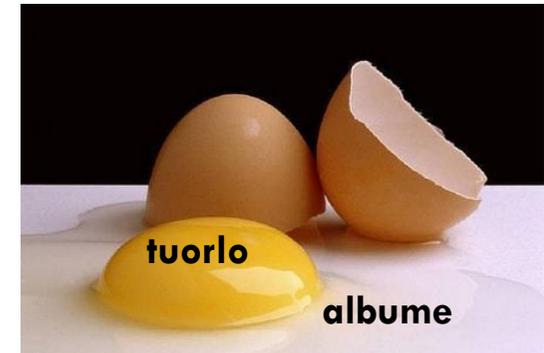


SOL-GEL

LE SOLUZIONI COLLOIDALI IN BASE ALLA LORO CONSISTENZA POSSONO ASSUMERE ASPETTI SENSIBILMENTE DIVERSI, CHE DISTINGUIAMO COME:

- **STATO DI SOL**, SE L'ASPETTO È SCIOLTO TENDENTE AL LIQUIDO (YOGURT)
- **STATO DI GEL**, SE L'ASPETTO È PIÙ VISCOSO, TENDENTE AL SOLIDO (GELATINA).

Esempio: Nell'**uovo** crudo si riconoscono i due diversi stati di **sol (albume)** e di **gel (tuorlo)** delle soluzioni colloidali.

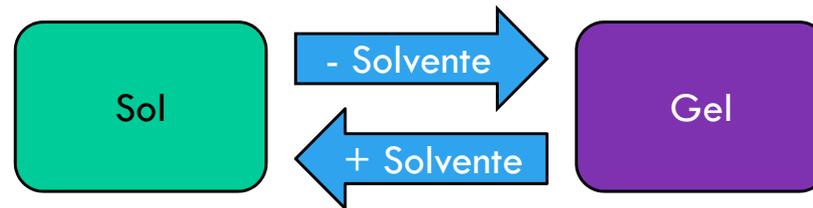


UN SOL È UNA DISPERSIONE FINISSIMA DI PARTICELLE SOLIDE IN UN LIQUIDO (EFFETTO TYNDALL).

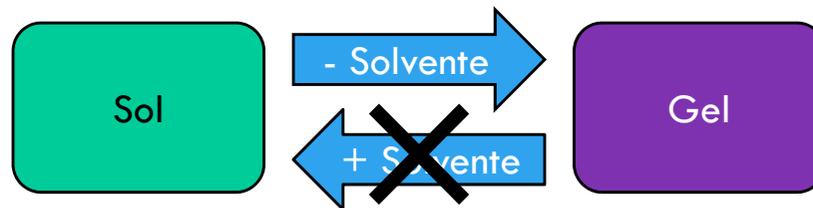
AUMENTANDO LA CONCENTRAZIONE DELLE PARTICELLE, UN SOL PUÒ PASSARE ALLO STATO DI GEL: UNA DISPERSIONE FINISSIMA DI PARTICELLE SOLIDE CHE HA UNA CONSISTENZA GELATINOSA. AL CONTRARIO, DILUENDO UN GEL SI PUÒ TORNARE AD UN SOL. QUINDI, CIÒ CHE DIFFERENZIA UN SOL DA UN GEL È LA SUA CONSISTENZA RISPETTIVAMENTE FLUIDA O GELATINOSA. ANCHE LA TEMPERATURA PUÒ DETERMINARE IL PASSAGGIO DA SOL A GEL E VICEVERSA.

REVERSIBILITÀ-IRREVERSIBILITÀ

NEI **COLLOIDI LIOFILI**, PER AGGIUNTA DI SOLVENTE, IL COAGULO (GEL) È IN GRADO DI RIPRISTINARE LA SOLUZIONE (SOL) ED È PERCIÒ DETTO **REVERSIBILE**.



I **COLLOIDI LIOFOBI** NON POSSIEDONO LA PROPRIETÀ DI RITORNARE IN SOLUZIONE QUANDO SONO NUOVAMENTE POSTI A CONTATTO CON IL SOLVENTE, DANDO ORIGINE A **SISTEMI IRREVERSIBILI**.



SISTEMI COLLOIDALI

LE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DEI SISTEMI COLLOIDALI POSSONO ESSERE ATTRIBUITE ALL'ESISTENZA DI UN'**INTERFACCIA TRA FASE DISPERSA E MEZZO DISPERDENTE**.

OGNI PARTICELLA HA INFATTI UNA SUPERFICIE BEN DEFINITA (ELEVATO SVILUPPO SUPERFICIALE) CHE PRESENTA LE TIPICHE PROPRIETÀ INTERFACCIALI: **L'ADSORBIMENTO, LO STATO ELETTRICO, LA COALESCENZA**, ECC.

PERTANTO IL RAPPORTO SUPERFICIE/VOLUME DELLE PARTICELLE DISPERSE HA UNA NOTEVOLISSIMA INFLUENZA NEL DETERMINARE IL COMPORTAMENTO DEI SISTEMI COLLOIDALI.

PRINCIPALI PROPRIETÀ DEI COLLOIDI

- PROPRIETÀ OTTICHE:
EFFETTO FARADAY-TYNDALL
- PROPRIETÀ CINETICHE: (MOTO BROWNIANO)
DIFFUSIONE
SEDIMENTAZIONE (COAGULAZIONE, FLOCCULAZIONE)
VISCOSITÀ
PRESSIONE OSMOTICA
- PROPRIETÀ ELETTRICHE: (PROPRIETÀ ELETTRICHE ALL'INTERFACCIA)
DOPPIO STRATO ELETTRICO
FENOMENI ELETTROKINETICI

PROPRIETÀ OTTICHE DEI SISTEMI COLLOIDALI

EFFETTO TYNDALL

QUANDO LE **PARTICELLE DI POLVERE** DISPERSE NELL'ARIA SONO INVESTITE DA UN RAGGIO DI LUCE SOLARE CHE PENETRA ATTRAVERSO LE FESSURE DI UNA FINESTRA, DIVENTANO VISIBILI ED APPAIONO COME **PUNTI BRILLANTI**. QUESTO FENOMENO È DETTO EFFETTO TYNDALL E CONSISTE APPUNTO NELLA **DIFFUSIONE DELLA LUCE CHE ATTRAVERSA UNA SOLUZIONE COLLOIDALE**.



PROPRIETÀ OTTICHE DEI SISTEMI COLLOIDALI

L'EFFETTO TYNDALL È DOVUTO AL FATTO CHE **IL DIAMETRO MEDIO DELLE PARTICELLE DISPERSE È MAGGIORE DELLA LUNGHEZZA D'ONDA DELLA RADIAZIONE LUMINOSA** (NELLO SPETTRO VISIBILE).

QUESTO EFFETTO È EVIDENTE PER UN OSSERVATORE DISPOSTO PERPENDICOLARMENTE ALLA DIREZIONE DEL FASCIO LUMINOSO; AL CONTRARIO, UN RAGGIO LUMINOSO È INVISIBILE, QUALUNQUE SIA LA POSIZIONE DELL'OSSERVATORE, SE PASSA ATTRAVERSO UNA SOLUZIONE VERA E PROPRIA O UN LIQUIDO PURO IN QUANTO IL DIAMETRO MEDIO DELLE PARTICELLE È MINORE DELLA LUNGHEZZA D'ONDA DEI RAGGI LUMINOSI (L'**INTERAZIONE MATERIA-RADIAZIONE** È QUINDI MINIMA O NULLA).



EFFETTO TYNDALL

QUANDO UN RAGGIO DI LUCE VIENE FATTO PASSARE ATTRAVERSO UN LIQUIDO PURO O UNA SOLUZIONE VERA, IL SUO PERCORSO NON È VISIBILE LATERALMENTE PERCHÉ LE PARTICELLE IN SOLUZIONE SONO TROPPO PICCOLE PER DISPERDERE LA LUCE.

NEI SISTEMI COLLOIDALI, INVECE, LE PARTICELLE SONO DI DIMENSIONE ABBASTANZA GRANDE DA **DISPERDERE LA LUCE** PER CUI, QUANDO UN RAGGIO DI LUCE LE COLPISCE, UN OSSERVATORE POSTO LATERALMENTE PUÒ OSSERVARNE IL PERCORSO.



EFFETTO TYNDALL

ULTRAMICROSCOPIO: MICROSCOPIO OTTICO CON **ILLUMINAZIONE A CAMPO OSCURO**, NEL QUALE CIOÈ **L'OSSERVATORE RICEVE SOLTANTO LA LUCE DIFFUSA** DAI CORPUSCOLI OSSERVATI E NON I RAGGI DIRETTI PROVENIENTI DALLA SORGENTE, CAPACE DI RIVELARE PARTICELLE DI DIAMETRO FINO A QUALCHE nm.

L'ULTRAMICROSCOPIO NON FA VEDERE LE PARTICELLE COLLOIDALI MA NE DENUNCIA SOLTANTO LA PRESENZA (PER VEDERE LE PARTICELLE COLLOIDALI OCCORRE SERVIRSI DEL MICROSCOPIO ELETTRONICO).



Osservazione della torbidità tramite l'ENOSCOPE.

PROPRIETÀ CINETICHE DEI SISTEMI COLLOIDALI

MOTO BROWNIANO

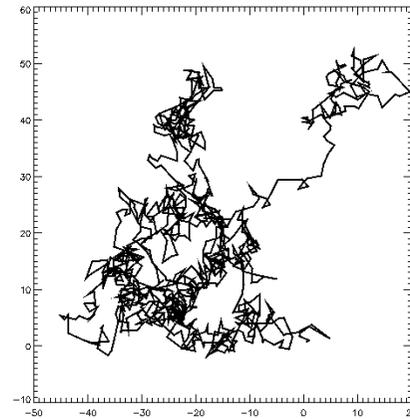
OSSERVANDO ALL'ULTRAMICROSCOPIO UNA SOLUZIONE COLLOIDALE, SI NOTA CHE LE PARTICELLE IN ESSA DISPERSE SI MUOVONO CONTINUAMENTE A «**ZIG-ZAG**».

QUESTO MOVIMENTO È DOVUTO ALLE CONTINUE COLLISIONI CON LE MOLECOLE CIRCOSTANTI DEL MEZZO DISPERDENTE.

IL MOTO DELLE PARTICELLE È INFLUENZATO DA:

- TEMPERATURA
- DIMENSIONI PARTICELLE
- VISCOSITÀ DEL MEZZO DISPERDENTE

In particolare, il moto browniano è più rapido quanto più piccole sono le particelle, aumenta con la temperatura (in quanto aumenta l'energia cinetica del sistema) e diminuisce con la viscosità del mezzo.



DIFFUSIONE DEI SISTEMI COLLOIDALI

COLLOIDI: **SISTEMI A LENTA DIFFUSIONE**

LA VELOCITÀ DELLE PARTICELLE È UN IMPORTANTE PARAMETRO PER DECIDERE QUANDO UNA DISPERSIONE ABBA CARATTERE COLLOIDALE; INFATTI, TANTO PIÙ LENTO È IL MOTO BROWNIANO, TANTO PIÙ LA DISPERSIONE ESAMINATA SI AVVICINA ALLO STATO DI SOSPENSIONE, LE CUI PARTICELLE HANNO DIMENSIONI SUFFICIENTEMENTE GRANDI DA RENDERE NULLA LA RISULTANTE DEGLI URTI DOVUTI ALLE MOLECOLE DEL MEZZO DISPERDENTE, E NON PRESENTANO MOTO BROWNIANO.

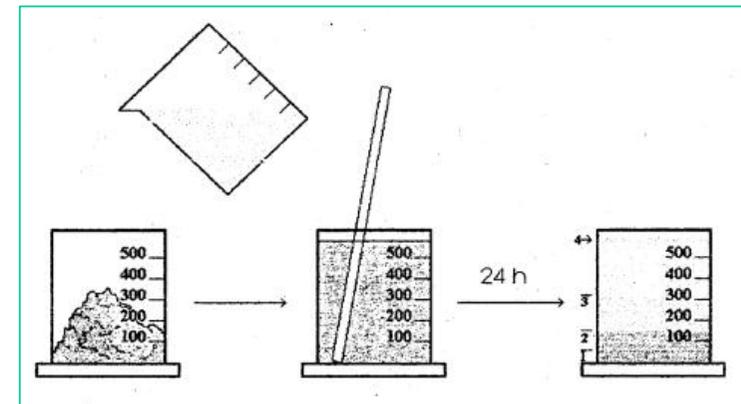
IL **MOTO BROWNIANO** CONCORRE ALLA **STABILITÀ DELLE DISPERSIONI COLLOIDALI** IN QUANTO **CONTRASTA L'AZIONE DELLA GRAVITÀ CHE TENDE A FAR SEDIMENTARE LE PARTICELLE DISPERSE.**

SEDIMENTAZIONE COLLOIDI

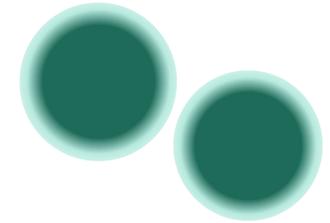
LE PARTICELLE COLLOIDALI, NON SONO MAI IN QUIETE, MA SOGGETTE AL MOTO BROWNIANO (MOVIMENTO DISORDINATO). FINCHÉ LE PARTICELLE RESTANO PICCOLE, LA **SEDIMENTAZIONE** (MOTO ORDINATO DOVUTO ALLA GRAVITÀ) È SOPRAFFATTA DALL'AGITAZIONE TERMICA, E NON AVVIENE.

- **SEDIMENTAZIONE**: SEPARAZIONE DA UN LIQUIDO DI PARTICELLE SOLIDE SOSPESE IN ESSO, PER EFFETTO DELLA GRAVITÀ O DI ALTRE FORZE (CENTRIFUGHE, ELETTRICHE ECC.), CON CONSEGUENTE FORMAZIONE DI UN DEPOSITO (SEDIMENTO).

QUANDO DUE O PIÙ PARTICELLE COLLOIDALI COLLIDONO, POSSONO RIUNIRSI (**COAGULAZIONE**) PER EFFETTO DI ATTRAZIONI FORZE DI VAN DER WAALS), IN PARTICELLE PIÙ GROSSE E APPESANTIRSI SINO A PRECIPITARE. PERTANTO IL MOTO BROWNIANO DA SOLO, NON È SUFFICIENTE A GARANTIRE LA STABILITÀ DELLA SOSPENSIONE.



FLOCCULAZIONE E COALESCENZA



LA DISTRUZIONE DI UN COLLOIDE SI PUÒ OTTENERE PER RISCALDAMENTO O PER AGGIUNTA DI UN ELETTROLITA, DANDO VITA A FENOMENI DI COAGULAZIONE O DI FLOCCULAZIONE.

SIA LA FLOCCULAZIONE CHE LA COALESCENZA PORTANO ALLA **FORMAZIONE DI PARTICELLE DISPERSE DI MAGGIORE MASSA E VOLUME.**

- SI PARLA DI **FLOCCULAZIONE** QUANDO PIÙ PARTICELLE ORIGINARIE FORMANO UN **GRAPPOLO** (IL FLOCCULO), GRAZIE A LEGAMI INTERPARTICELLARI CHE INTERESSANO I RISPETTIVI SITI ATTIVI, PUR **MANTENENDO LA RISPETTIVA IDENTITÀ** (FIOCCHI DI PROTEINE DENATURATE IN SEGUITO A TRATTAMENTO TERMICO DELLA CORRISPONDENTE SOLUZIONE COLLOIDALE).
- SI PARLA DI **COALESCENZA** QUANDO PIÙ PARTICELLE SI FONDONO A FORMARNE UNA DI **MASSA MAGGIORE E NON È PIÙ POSSIBILE RICONOSCERE LE PARTICELLE ORIGINARIE** (UNA GOCCIA LIQUIDA CHE SI FORMA DA GOCCIOLINE PIÙ PICCOLE).

ALTRE PROPRIETÀ DEI SISTEMI COLLOIDALI

TRA I DUE TIPI DI DISPERSIONI COLLOIDALI (LIOFILI E LIOFOBI) ESISTONO ALTRE DIFFERENZE OLTRE ALLA SOLUBILITÀ/STABILITÀ.

- LA **TENSIONE SUPERFICIALE** VIENE NOTEVOLMENTE MODIFICATA SOLO NEI COLLOIDI LIOFILI E LA VISCOSITÀ DEL MEZZO DISPERDENTE AUMENTA NEI SOL LIOFILI, MENTRE NON È QUASI INFLUENZATA NEI SOL LIOFOBI.
- LA **PRESSIONE OSMOTICA** DEI SISTEMI COLLOIDALI HA UN **VALORE MOLTO BASSO** E NON SEGUE LE LEGGI DELLE PROPRIETÀ COLLIGATIVE.

CARICHE SUPERFICIALI DEI COLLOIDI

LE PARTICELLE COLLOIDALI SONO FORNITE DI **CARICA ELETTRICA** ED IN GENERE LA CARICA È **NEGATIVA**.

LE PARTICELLE COSTITUENTI LA FASE DISPERSA QUANDO DISPERSE IN UN MEZZO ACQUOSO RISULTANO CARICHE PERCHÉ:

- SONO **DOTATE DI CARICA PROPRIA** (ES. POLIANIONI, POLICATIONI)
- PER **IONIZZAZIONE** DI GRUPPI FUNZIONALI SUPERFICIALI (ES. PROTEINE)
- PER **ADSORBIMENTO DI IONI** (PARTICELLA + IONI PRESENTI NEL MEZZO → PARTICELLA CARICA)
 - ES. $\text{AgI} + \text{KI} \rightarrow$ PARTICELLE CON CARICA NEGATIVA
 - $\text{AgI} + \text{AgNO}_3 \rightarrow$ PARTICELLE CON CARICA POSITIVA

PROPRIETÀ ELETTRICHE DEI SISTEMI COLLOIDALI

UNA PARTICELLA SOLIDA DISPERSA IN UN LIQUIDO GENERALMENTE PRESENTA DELLE CARICHE ELETTROSTATICHE SUPERFICIALI CHE DETERMINANO UN CAMPO ELETTRICO RESPONSABILE DELLA RIDISTRIBUZIONE DEGLI IONI PRESENTI NELLO SPAZIO CHE CIRCONDA LA PARTICELLA.

QUESTA DISTRIBUZIONE COMPORTA UN **AUMENTO DELLA CONCENTRAZIONE DI CONTROIONI** (IONI DI CARICA OPPOSTA A QUELLA DELLA PARTICELLA) IN PROSSIMITÀ DELLA SUPERFICIE.

IN PARTICOLARE, LO STRATO DI LIQUIDO CON GLI IONI CHE CIRCONDA LA PARTICELLA È COMPOSTO DA DUE **ZONE**:

- **INTERNA**: (STRATO STAZIONARIO O DI STERN) CON GLI IONI FORTEMENTE LEGATI ALLA PARTICELLA CARICA
- **ESTERNA**: (STRATO DIFFUSO O DI GOUY-CHAPMAN), DOVE LE INTERAZIONI SONO PIÙ DEBOLI.

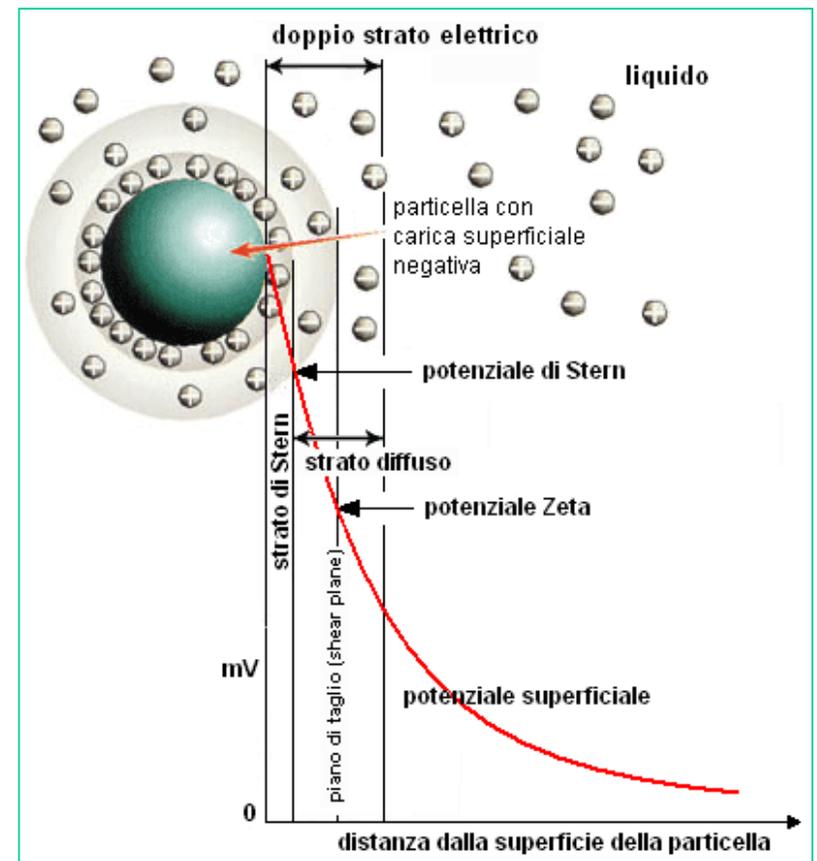
PROPRIETÀ ELETTRICHE DEI SISTEMI COLLOIDALI

LE DUE ZONE, COSTITUISCONO UN **DOPPIO STRATO ELETTRICO** INTORNO A CIASCUNA PARTICELLA.

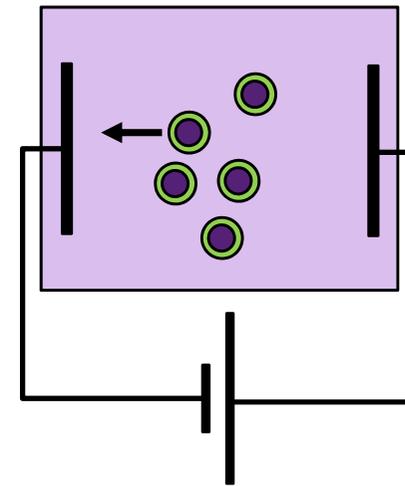
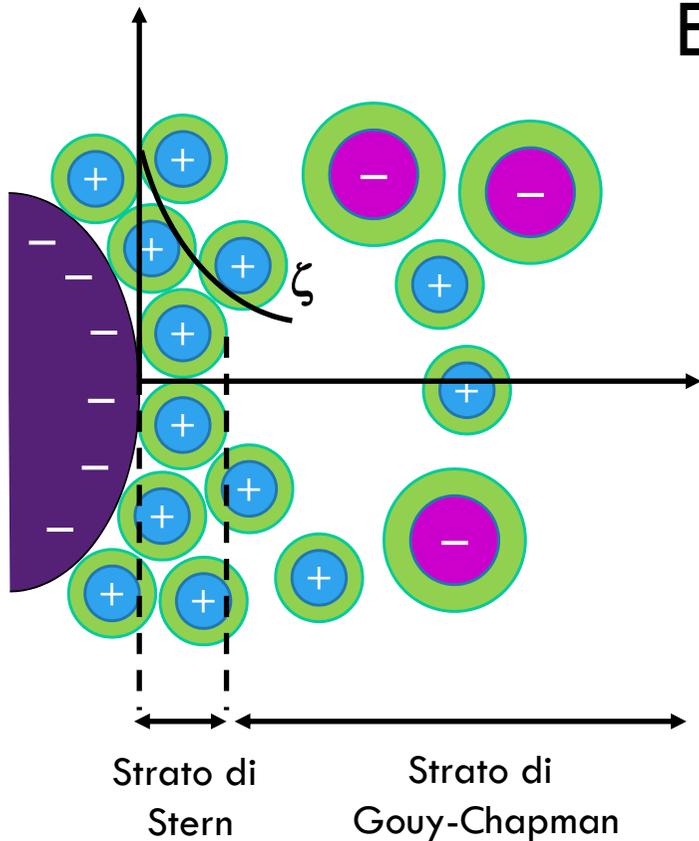
A PARTIRE DALLA SUPERFICIE DEL SOLIDO SI PUÒ SEGUIRE L'**ANDAMENTO DEL POTENZIALE ELETTRICO**.

QUESTO ASSUME UN CERTO VALORE (ψ_0) SULLA SUPERFICIE (DIPENDENTE DALLA CARICA NEGATIVA) E QUINDI DECRESCIE ALLONTANANDOSI DALLA STESSA (A CAUSA DELL'AZIONE SCHERMANTE DA PARTE DEGLI IONI POSITIVI E DELLE MOLECOLE POLARI ORIENTATE).

L'ANDAMENTO È DI **TIPO ESPONENZIALE**.



ELETTROFORESI



L'**ELETTROFORESI** È UNA TECNICA ANALITICA E SEPARATIVA BASATA SUL MOVIMENTO DI PARTICELLE ELETTRICAMENTE CARICHE IMMERSE IN UN FLUIDO PER **EFFETTO DI UN CAMPO ELETTRICO APPLICATO** MEDIANTE UNA COPPIA DI ELETTRODI AL FLUIDO STESSO.

POTENZIALE ZETA

IL **POTENZIALE ZETA** (ζ) È IL POTENZIALE ELETTRICO SULLA SUPERFICIE DELLA SFERA COSTITUITA DALLA PARTICELLA E DELLO STRATO ADSORBITO SOLIDALE AD ESSA.

IL POTENZIALE ZETA **INDICA QUANTO È ESTESO IL DOPPIO STRATO ELETTRICO** OVVERO DÀ UN'IDEA DEL **GRADIENTE DELLA CURVA POTENZIALE**.

È L'UNICO PARAMETRO CHE SI PUÒ MISURARE SPERIMENTALMENTE MEDIANTE PROVE DI ELETTROFORESI (MIGRAZIONE DI PARTICELLE IN SOSPENSIONE SOGGETTE A CAMPO ELETTRICO).

IN PARTICOLARE SI MISURA LA VELOCITÀ A DIVERSI VALORI DEL CAMPO ELETTRICO E SI CALCOLA IL POTENZIALE ZETA IN FUNZIONE DELLA VISCOSITÀ E DELLA COSTANTE ELETTRICA DEL LIQUIDO.

RISULTA FONDAMENTALE LA MISURA DEL POTENZIALE ZETA IN FUNZIONE DI VARIAZIONI DI pH, CONCENTRAZIONE IONICA (ETC) PER VEDERE GLI **EFFETTI ELETTROSTATICI SULLA STABILITÀ DEL SISTEMA**.

STABILITÀ vs ADDENSAMENTO

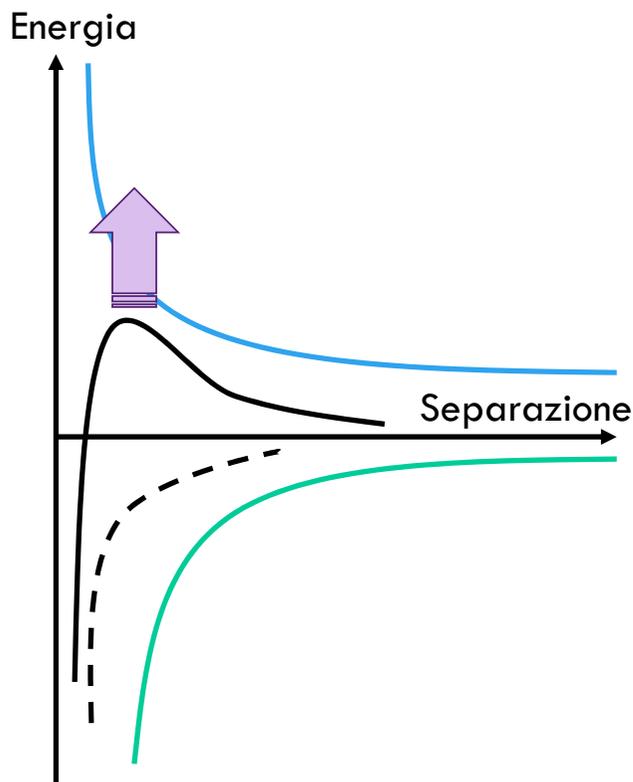
NEL MONDO DELLE SOLUZIONI COLLOIDALI CI TROVIAMO DI FRONTE DUE PROBLEMI OPPOSTI, A SECONDA DELLE APPLICAZIONI:

- OTTENERE **DISPERSIONI STABILI NEL TEMPO**, CIOÈ CON LE PARTICELLE CHE DEBONO RIMANERE IN SOSPENSIONE, SENZA FENOMENI DI SEDIMENTAZIONE .
- OTTENERE **FENOMENI DI ADDENSAMENTO/FLOCCULAZIONE** DELLE PARTICELLE.

SE C'È UNA NATURALE REPULSIONE TRA LE PARTICELLE ALL'INTERNO DI UN SISTEMA, LA DISPERSIONE RISULTERÀ RESISTENTE ALLA FLOCCULAZIONE, NATURALMENTE CIÒ NON ESCLUDE CHE IN TEMPI LUNGHI NON SI POSSANO VERIFICARE FENOMENI NATURALI DI SEDIMENTAZIONE.

FORZE MUTUE DI ATTRAZIONE TRA LE PARTICELLE, PRESENTI IN UNA DISPERSIONE, AL CONTRARIO PROVOCHERANNO FLOCCULAZIONE.

STABILITÀ EMULSIONI



ANDAMENTO DELL'ENERGIA POTENZIALE DI DUE GOCCE DI EMULSIONE IN FUNZIONE DELLA LORO DISTANZA DI SEPARAZIONE.

— FORZE DI REPULSIONE DEL DOPPIO STRATO

— FORZE DI ATTRAZIONE DI VAN DER WAALS

LA STABILITÀ DI UN EMULSIONE AUMENTA SE SI MINIMIZZA LA CONCENTRAZIONE DI IONI IN SOLUZIONE (IMPEDISCO LA FLOCCULAZIONE, AUMENTA IL MASSIMO DELLA CURVA).

- - - RAPIDA COAGULAZIONE

STABILITÀ DEI SISTEMI COLLOIDALI

IL FATTO CHE LE PARTICELLE COLLOIDALI POSSIEDONO TUTTE CARICHE ELETTRICHE DEL MEDESIMO SEGNO DÀ RAGIONE DELLA STABILITÀ DI QUESTE SOLUZIONI.

A SEGUITO DEL CONTINUO MOVIMENTO DI AGITAZIONE, LE PARTICELLE DOVREBBERO, URTARSI E QUINDI RIUNIRSI IN PARTICELLE DI MAGGIORI DIMENSIONI E CADERE AL FONDO.

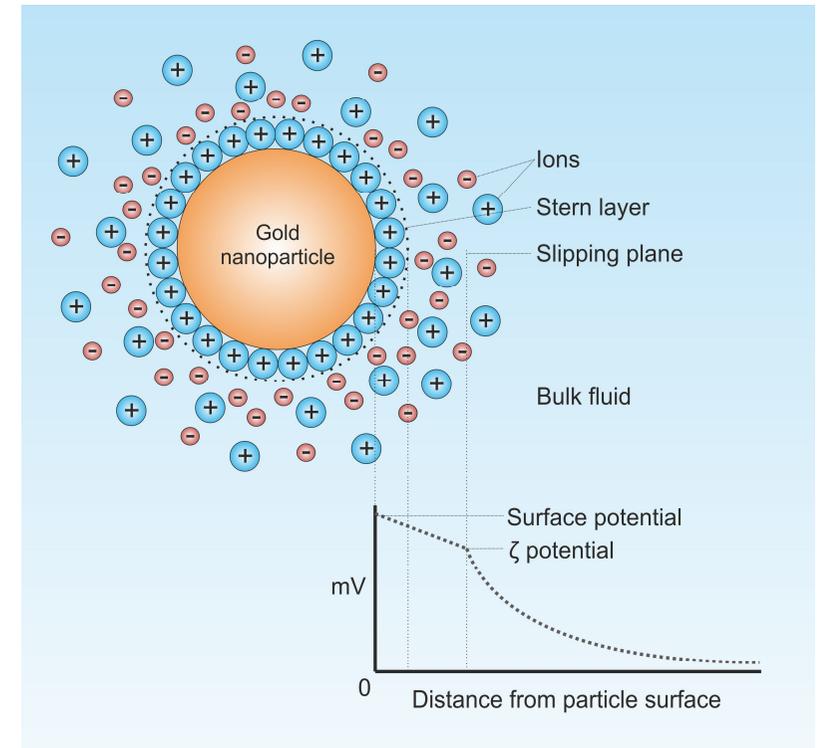
PER EFFETTO DELLA CARICA ELETTRICA DI UGUALE SEGNO LE PARTICELLE INVECE SI RESPINGONO RENDENDO PIÙ DIFFICILE LA LORO COAGULAZIONE.

POTENZIALE ZETA E NANOPARTICELLE

IL **POTENZIALE ZETA** È UN PARAMETRO CRITICO CHE DETERMINA LA STABILITÀ O L'AGGREGAZIONE DELLE NANOPARTICELLE IN UNA DISPERSIONE.

UN **VALORE ELEVATO DI POTENZIALE Z** CONFERISCE **MAGGIORE STABILITÀ AI SISTEMI COLLOIDALI**, IN QUANTO SI ORIGINANO REPULSIONI ELETTROSTATICHE CHE IMPEDISCONO L'AGGREGAZIONE DELLE PARTICELLE DISPERSE.

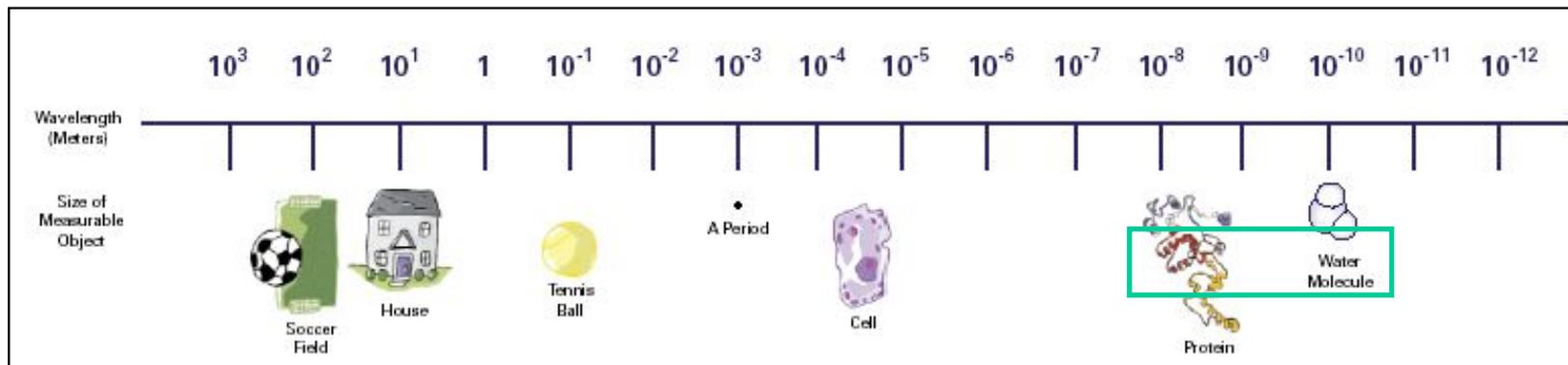
QUANDO IL POTENZIALE È BASSO, LE FORZE ATTRATTIVE PREVALGONO SULLE REPULSIONI E QUINDI RISULTA PIÙ SEMPLICE IL VERIFICARSI DI PROCESSI QUALI LA COAGULAZIONE E LA FLOCCULAZIONE.



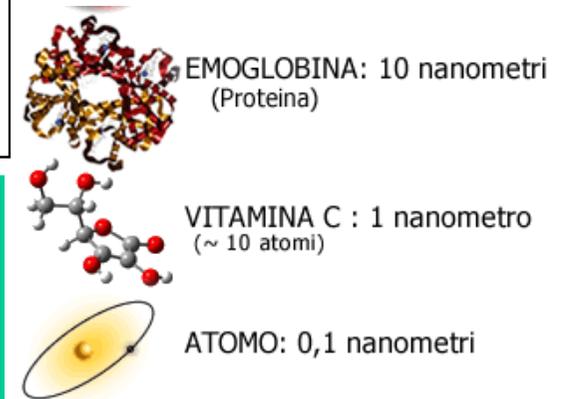
COSA È UNA NANOPARTICELLA?

UNA **NANOPARTICELLA** È UNA PARTICELLA CHE HA DIMENSIONI NANOMETRICHE. LA SCALA NANOMETRICA COMPRENDE OGGETTI DI DIMENSIONI COMPRESSE FRA 1 E 100 nm, CHE VANNO DAGLI ATOMI, ALLE MOLECOLE FINO ALLE MACROMOLECOLE.

1 nanometro (nm) = 1 miliardesimo di metro (10^{-9} m)



globulo rosso	100 nm
piccola proteina	10 nm
piccola molecola	1 nm
legame chimico	0.1 nm (1 Å)



PROPRIETÀ NANOMATERIALI

SU **SCALA NANOMETRICA** LE PROPRIETÀ CHIMICO-FISICHE DELLA MATERIA DIFFERISCONO RADICALMENTE DA QUELLE OSSERVATE MACROSCOPICAMENTE.

PERCIÒ, QUANDO LE DIMENSIONI DELLE PARTICELLE DI UN QUALSIASI MATERIALE SI AVVICINANO AL NANOMETRO, ESSO ASSUME PROPRIETÀ COMPLETAMENTE NUOVE, CHE SONO INFLUENZATE PROFONDAMENTE DALLE DIMENSIONI DELLE NANOPARTICELLE STESSE.

I **METALLI DIVENTANO SEMICONDUTTORI O ISOLANTI**, **ALCUNE SOSTANZE CONVERTONO LA LUCE IN CORRENTE ELETTRICA**.

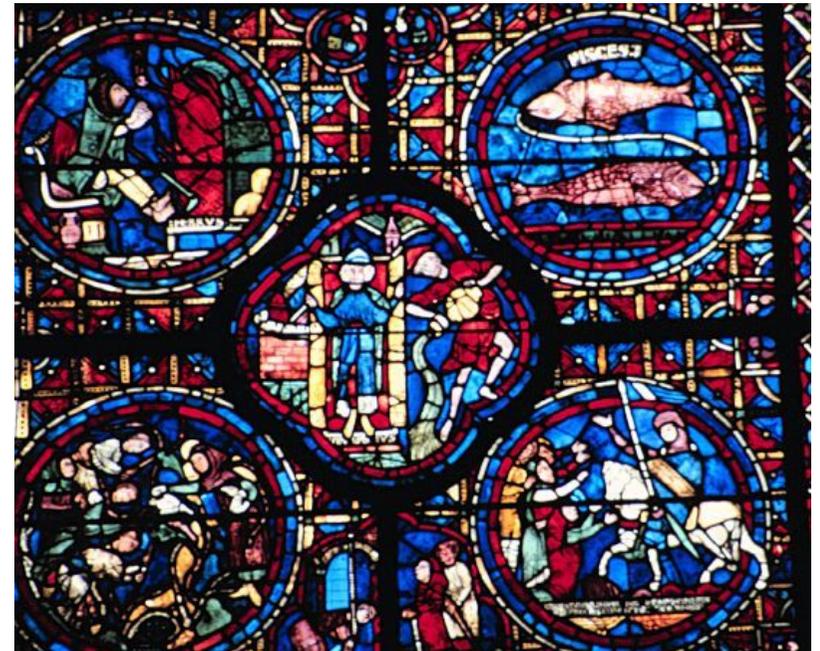


ALTRE, COME IL **SELENURO DI CADMIO (CdSe)**, DIVENTANO **FLUORESCENTI**, EMETTENDO LUCE DI COLORE DIFFERENTE A SECONDA DELLE GRANDEZZA DELLE NANOPARTICELLE.

APPLICAZIONE NANOTECNOLOGICA ANTE-LITTERAM

NEL MEDIO EVO, I MAESTRI VETRAI TEDESCHI REALIZZARONO LE VETRATE COLORATE DELLE CATTEDRALI GOTICHE SENZA UTILIZZARE SALI COLORATI DI METALLI DI TRANSIZIONE, MA DISPERDENDO NEL VETRO PICCOLE QUANTITÀ D'ORO.

TALE FENOMENO NON DIPENDE DA TRASFORMAZIONI CHIMICHE CHE COINVOLGONO IL METALLO, MA DAL FATTO CHE NELL'IMPASTO VETROSO SONO PRESENTI **PARTICELLE DI ORO DI DIMENSIONE NANOMETRICHE IN GRADO DI ASSORBIRE LA RADIAZIONE LUMINOSA.**



NANOSCIENZA E NANOTECNOLOGIA

LE APPROFONDIAMO IN SEGUITO... ANCHE SE NON SARÀ POSSIBILE VEDERE TUTTO...

- NANOPARTICELLE METALLICHE
- QUANTUM DOTS (NANOPARTICELLE DI SEMICONDUCTORI)
- FULLERENI, NANOTUBI DI CARBONIO, GRAFENE