

Biomateriali

I materiali realizzati dalla natura da sempre destano l'invidia degli scienziati, che solo ora iniziano a imitarli e riprodurli. I biomateriali hanno importanti applicazioni per l'industria e la medicina.

■ I colloidali

Un colloide è una dispersione di particelle, con diametro che va da 1 nm a 1 μm , entro un solvente. Mostra proprietà intermedie tra quelle delle soluzioni e quelle delle miscele eterogenee perché le sue particelle colloidali sono più grandi della maggior parte delle molecole, ma troppo piccole per essere osservate al microscopio ottico. Inoltre esse conferiscono al colloide un aspetto omogeneo e sono sufficientemente grandi da diffondere la luce (► Figura 1). Il fenomeno di diffusione della luce attraverso i colloidali è spiegato dall'*effetto Tyndall*: quando un raggio di luce attraversa un sistema colloidale, il suo percorso è ben visibile, al contrario di quanto avviene se attraversa una soluzione o un liquido puro.

Tabella 1 La classificazione dei colloidali^a.

Fase dispersa	Mezzo disperdente	Denominazione tecnica	Esempi
Solido	gas	aerosol	fumo
Liquido	gas	aerosol	nebulizzati, nebbia, foschia
Solido	liquido	sol o gel	inchiostro da stampa, vernici
Liquido	liquido	emulsione	latte, maionese
Gas	liquido	schiuma	schiuma per estintori
Solido	solido	dispersione solida	vetro di rubino (Au in vetro); alcune leghe
Liquido	solido	emulsione solida	bitume per pavimentazione; gelato
Gas	solido	schiuma solida	schiuma isolante

^a Basata su R. J. Hunter, *Foundations of Colloid Science*, vol. 1, Oxford, Oxford University Press, 1987.

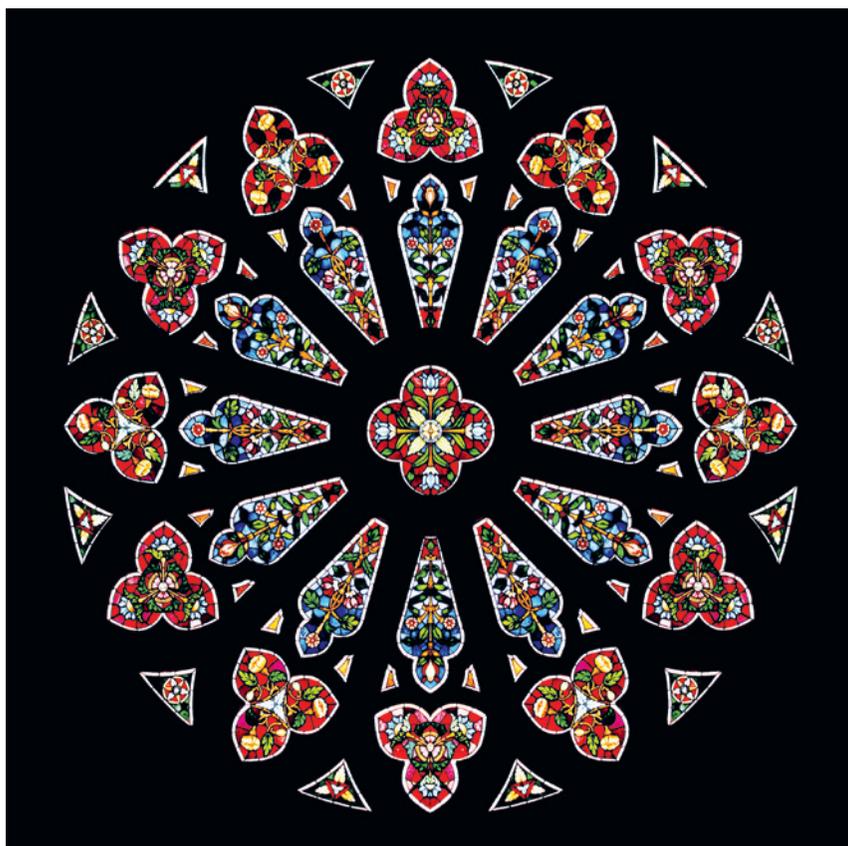
I colloidali si classificano in base alle fasi che li costituiscono (► Tabella 1). A seconda di come il colloide si comporta in ambiente acquoso e delle sue interazioni intermolecolari con le molecole d'acqua, si parla di colloidali *idrofili* o *idrofobici*. Per esempio il latte nell'acqua o l'acqua nella maionese danno luogo a un colloide idrofobo, perché i

grassi hanno scarsa interazione con l'acqua, mentre i gel o i budini sono esempi di colloidali idrofili, dove le proteine della gelatina e l'amido dei budini hanno gruppi idrofili che attraggono l'acqua.

Anche i cluster di atomi metallici sono in grado di formare sospensioni colloidali. Le vetrate delle



► **Figura 1** I raggi laser sono invisibili, però è possibile riconoscerli se attraversano un ambiente polveroso, fumoso o nebbioso, perché la luce viene diffusa dalle particelle sospese nell'aria.



► **Figura 2** I vetri policromi si ottengono incorporando particelle colloidali di alcuni materiali nel vetro fuso.

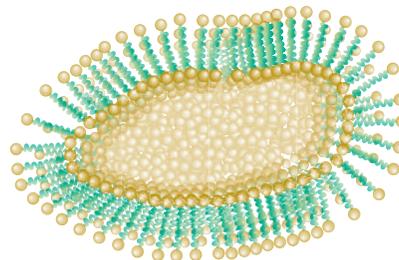
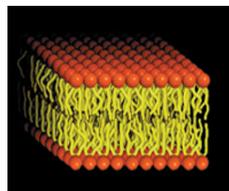
cattedrali medioevali devono i loro intensi colori proprio ai cluster di rame, argento e oro nel vetro (► Figura 2).

■ I biomateriali e i materiali biomimetici

Per biomateriali si intendono quei materiali che derivano o sono costituiti da materiali naturali e che si ritrovano negli organismi viventi. Un esempio è l'*acido ialuronico*, un biomateriale colloidale farmaceutico, presente nel nostro organismo come principale componente dei fluidi che lubrificano le articolazioni. È inoltre importante per la riparazione dei tessuti, soprattutto della pelle. Questo perché l'acido ialuronico è ricco di gruppi —OH che sono in grado di instaurare legami a idrogeno con l'acqua e formare un colloide. Di conseguenza è in grado di spostare un gran numero di mo-

lecole d'acqua, richieste in zone che necessitano di lubrificazione o di riparare delle ferite. Allo stesso tempo è ampiamente usato in medicina sportiva per riparare i danni alle articolazioni, perché riduce i processi infiammatori.

I materiali biomimetici invece sono una riproduzione artificiale di materiali naturali, come gel o polimeri flessibili che riprendono membrane e tessuti naturali. Per esempio a partire dai *fosfolipidi*, tensioattivi



► **Figura 3** La sezione trasversale di un liposoma, una minuscola sacca racchiusa da una membrana a doppio strato formata da molecole di tensioattivi come i fosfolipidi.

che costituiscono le membrane delle cellule viventi, si possono formare membrane artificiali che formano una sacca, i *liposomi*. I liposomi possono essere usati come sistemi a rilascio controllato di farmaci (► Figura 3).

■ La nanomedicina

Si parla di *nanomedicina* quando si utilizzano nanodispositivi o nanostrutture ingegnerizzate per realizzare monitoraggio, riparazione, costruzione e controllo dei sistemi biologici umani. I tre ambiti principali in cui le nanotecnologie hanno trovato applicazione in medicina sono: la veicolazione di farmaci, attraverso nanoparticelle, all'interno delle cellule; l'uso di nanoparticelle come sonde nei processi diagnostici; la riparazione di tessuti o sostituzione di parti del corpo umano danneggiate con sistemi ibridi costituiti da cellule viventi e nanomateriali.

Per esempio, per incrementare l'efficacia della risonanza magnetica vengono sfruttate le proprietà delle nanoparticelle di ferro, che essendo magnetiche sono in grado di aumentare il contrasto e migliorare la visualizzazione e la diagnosi dei tumori. Un altro sistema per identificare le cellule tumorali è quello di rivestire le nanoparticelle con il *destrano*, un polisaccaride del glucosio. In questo modo sono in grado di interagire con l'ambiente acido generato dalla maggior parte dei tumori e individuarne con notevole accuratezza la presenza. Permettono inoltre di riconoscere il grado di malignità della neoplasia, in base

all'alterazione del pH prodotta dalle cellule tumorali.

Le nanoparticelle possono, esse stesse, essere usate come una terapia: se magnetiche possono essere riscaldate con radiofrequenza esterna e raggiungere una temperatura tale da uccidere la cellula malata con cui sono collegate. Il processo viene chiamato *teranostica*.

Nanoparticelle di ossido di ferro ricoperte di diossido di silicio, con dimensioni che vanno dai 29 ai 230 nm, possono catturare anticorpi prodotti dal corpo umano per combattere il papilloma virus, coinvolto nello sviluppo del tumore al collo dell'utero. Grazie a questa proprietà si può anticipare la diagnosi sin dai primi stadi della neoplasia. Inoltre le nanoparticelle, come quelle a base di biossido di titanio, TiO_2 , o i nanotubi di carbonio, possono esse-

re usate per la diagnosi precoce in caso di infezioni.

Nanoparticelle contenenti bismutto, legato a molecole di acidi grassi, sono invece in grado di evidenziare coaguli di sangue. Ne deriva un'utile applicazione nei pazienti a rischio coronarico, perché permettono di prevedere attacchi di cuore. Ancora, per monitorare il cancro al seno, possono essere usati dei nanofili di silicio, che opportunamente trattati si trasformano in nanosensori in grado di seguire i meccanismi di crescita e la differenziazione cellulare tipica di questo tumore.

I nanotubi di carbonio sono stati anche impiegati per creare un circuito in grado di simulare l'attività delle sinapsi, le connessioni tra i neuroni. Il comportamento dei nanotubi è stato simile a quello delle sinapsi neurali e ha così aperto la

strada per la produzione di protesi nanotecnologiche per riparare lesioni cerebrali.

Sembra infine che nanoparticelle polimeriche biodegradabili potrebbero un giorno costituire un nanovaccino universale, utile contro qualsiasi tipo di virus o batterio. Queste nanoparticelle sono costruite in modo da imitare per forma e dimensioni i componenti molecolari che caratterizzano virus e batteri, stimolando in questo modo i recettori TLR (*Toll like receptor*) e la produzione di anticorpi. Già testato sui topi, il nanovaccino potrebbe rivelarsi utile per malattie come l'Aids, la tubercolosi e la malaria per cui ancora non ne esiste uno. Tuttavia è necessario muoversi con molta prudenza, e lavorare assiduamente anche sulla sicurezza delle procedure nanotecnologiche.