

Programma del corso di Progettazione Molecolare dei Materiali

Anno Accademico 2017-18 – Prof. Veronica Ambroggi

La rivoluzione elettronica e la nascita delle nanotecnologie. Classificazione delle nanostrutture. Struttura elettronica dell'atomo e degli aggregati molecolari. Conseguenze della miniaturizzazione: il confinamento quantico e gli effetti di superficie. Le proprietà delle nanostrutture: proprietà termiche, chimiche, meccaniche, ottiche ed elettriche.

Tecnologie top-down e bottom-up. Processi top-down: la fotolitografia, le tecniche di milling, la meccanochimica. Processi bottom-up: vapour-phase deposition (CVD, PVD), plasma assisted deposition, sintesi di nanoparticelle. Sintesi di nanoparticelle: nucleazione, crescita, terminazione, principi termodinamici e cinetici. Focusing e defocusing: il fenomeno di Ostwald ripening. Metodi di preparazione di nanoparticelle: metodo sol, con micelle, sol-gel, precipitazione chimica, metodo solvotermico.

Le nanoparticelle di carbonio: fullerene, nanotubi (SWCNT e MWCNT) e grafene. Metodi di preparazione, proprietà e applicazioni delle nanoparticelle a base di carbonio. Principali tecniche di funzionalizzazione fisica e chimica.

I nanocompositi. Definizioni generali. Nanocompositi polimero/clay: natura e struttura dei filler ceramici. Particelle ceramiche lamellari; la montmorillonite: proprietà e metodi di modifica. Classificazione dei nanocompositi. Metodi di preparazione dei nanocompositi: intercalazione da soluzione, polimerizzazione intercalativa in-situ, intercalazione da fuso. Metodi di caratterizzazione dei nanocompositi: diffrattometria ad alto angolo (WAXD), microscopia elettronica in trasmissione (TEM). Proprietà dei nanocompositi clay/polimero: proprietà meccaniche, proprietà di barriera, proprietà di stabilità termica. Applicazioni. Nanocompositi polimero/nanotubi. Metodi di dispersione dei nanotubi in matrici polimeriche: metodi fisici, chimici, polimerizzazione in-situ. Effetto dei nanotubi sulle proprietà del polimero: proprietà elettriche e meccaniche. Applicazioni

Micro- e nanoincapsulazione. Definizioni generali, metodi di preparazione. Applicazioni.

Metodi di caratterizzazione dei nanomateriali. Concetti generali sulla caratterizzazione dei nanomateriali. Metodi di immagine: microscopia ottica vs. microscopia elettronica. La microscopia elettronica: principi di funzionamento, vantaggi e svantaggi. Confronto tra microscopia elettronica a scansione (SEM) e microscopia elettronica in trasmissione (TEM). Le microscopie di sonda: scanning tunneling microscopy (STM); atomic force microscopy (AFM): principi di funzionamento, manipolazione della materia con microscopi a sonda. Scanning Near-field Optical Microscopy (SNOM). Le tecniche spettroscopiche: Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy (EDS), X-ray Photoelectron Spectroscopy (XPS).

I dendrimeri: definizioni. La struttura dei dendrimeri: il numero di generazioni. Crescita dei dendrimeri: le equazioni di Tomalia. Proprietà dei dendrimeri. Metodi di sintesi dei dendrimeri: metodo convergente e divergente. Applicazioni dei dendrimeri.

Relazioni proprietà-struttura nei polimeri. Metodi di preparazione dei polimeri. Polimerizzazione a stadi e a catena. La polimerizzazione vivente/controllata. Differenze tra la polimerizzazione radicalica convenzionale e la polimerizzazione radicalica controllata. Tipi di polimerizzazione viventi: Nitroxide Mediated Polymerization (NMP), Atom Transfer Radical Polymerization (ATRP), Degenerative Transfer (DT), Reversible Addition-Fragmentation Transfer (RAFT).

I legami chimici forti e deboli. Legame ponte idrogeno, le forze di Van der Waals, legami di coordinazione, le forze di dispersione di London. La chimica supramolecolare: definizioni. Il riconoscimento molecolare: il recettore e il substrato molecolari. I composti mono- e poli-ciclici: gli eteri corona, i criptandi, i sistemi host-

guest, carcerandi ed emicarcerandi. Il self-assembly nella chimica supramolecolare: un esempio: il fungo molecolare. I rotassani, psuedorotassani e catenani: metodi di preparazione ed applicazioni.

Cristalli liquidi: struttura proprietà e applicazioni

Dispositivi molecolari. I motori molecolari: possibili fonti di energia, tipi di movimento, metodi di controllo e monitoraggio, ciclicità dei moti. Esempi di moti molecolari spontanei. Motori molecolari in natura: i muscoli e l'ATP sintetasi. Esempi di applicazioni di motori molecolari.

La biomimetica: definizioni. La superidrofobicità: l'angolo di contatto, equazione di Young per superfici ideali. Equazioni di Wenzel and Cassie-Baxter per superfici rugose. Isteresi dell'angolo di contatto. Superidrofobicità in natura: l'effetto loto, l'insetto pattinatore. Metodi di caratterizzazione delle superfici superidrofobiche. Metodi di realizzazione di superfici superidrofobiche artificiali. La nanotecnologia nei sistemi adesivi: l'effetto gecko. Osservazione della natura: le proprietà adesive ed autopulenti delle zampe del gecko. I colori strutturali in natura.

Descrizione dei meccanismi responsabili delle variazioni cromatiche di alcune specie animali presenti in natura. Alcuni esempi: il calamaro e il neon tetra. I cristalli fotonici per la realizzazione di sensori di solventi e umidità. I sensori di umidità ispirati allo scarafaggio Hercules: studio della cuticola dello scarafaggio e realizzazione del sensore artificiale. I sensori di flusso: dai sistemi naturali ai dispositivi artificiali: il caso dei grilli.

Smart materials: definizioni. La piezoelettricità. I piezoceramici: struttura e proprietà piezoelettriche. Metodi di preparazione. Definizione dei coefficienti piezoelettrici. I compositi e i polimeri piezoelettrici. Materiali elettrostrittivi e magnetostrittivi: definizioni. Leghe a memoria di forma. L'effetto a memoria di forma nelle leghe metalliche: le transizioni austenite-martensite in funzione di temperatura e sollecitazione meccanica. I polimeri a memoria di forma: definizioni e applicazioni. Polimeri attivati chimicamente. Gli idrogeli. I fluidi elettroreologici: definizioni.