



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

|                                             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                      |                  |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|------------------|
| <b>DIPARTIMENTO</b>                         | Ingegneria                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                      |                  |
| <b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>              | 2018/2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                      |                  |
| <b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>           | 2018/2019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                      |                  |
| <b>CORSO DILAUREA MAGISTRALE</b>            | INGEGNERIA DEI BIOMATERIALI                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                      |                  |
| <b>INSEGNAMENTO</b>                         | BIOMATERIALI E COMPOSITI A BASE POLIMERICA C.I.                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                      |                  |
| <b>CODICE INSEGNAMENTO</b>                  | 19622                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                      |                  |
| <b>MODULI</b>                               | Si                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                      |                  |
| <b>NUMERO DI MODULI</b>                     | 2                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                      |                  |
| <b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>     | ING-IND/22                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |                      |                  |
| <b>DOCENTE RESPONSABILE</b>                 | DINTCHEVA NADKA<br>TZANKOVA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Professore Associato | Univ. di PALERMO |
| <b>ALTRI DOCENTI</b>                        | FIORE VINCENZO                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | Professore Associato | Univ. di PALERMO |
|                                             | DINTCHEVA NADKA<br>TZANKOVA                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | Professore Associato | Univ. di PALERMO |
| <b>CFU</b>                                  | 15                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                      |                  |
| <b>PROPEDEUTICITA'</b>                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                      |                  |
| <b>MUTUAZIONI</b>                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |                      |                  |
| <b>ANNO DI CORSO</b>                        | 1                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                      |                  |
| <b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>                | 1° semestre                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                      |                  |
| <b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>               | Facoltativa                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                      |                  |
| <b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>                  | Voto in trentesimi                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |                      |                  |
| <b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b> | <p><b>DINTCHEVA NADKA<br/>TZANKOVA</b></p> <p>Martedì 14:00 16:00 DICAM - Ed. 6, terzo piano</p> <p>Giovedì 14:00 16:00 DICAM - Ed. 6, terzo piano</p> <p><b>FIORE VINCENZO</b></p> <p>Martedì 09:00 11:00 Viale delle Scienze, Edificio 6, terzo piano, stanza 3012</p> <p>Giovedì 09:00 11:00 Team "Didattica telematica Prof. Fiore" codice: opuh3tj</p> |                      |                  |

|                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>PREREQUISITI</b>                      | Al fine di comprendere i contenuti del corso e di potere conseguire agevolmente gli obiettivi di apprendimento del corso, lo studente deve padroneggiare le conoscenze ottenute nei corsi di: Chimica, Chimica Applicata e Fisica, Produzione e proprietà dei Materiali, Chimica e Fisica della Materia, Tecnologie di Lavorazione dei Materiali.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b> | <p>Conoscenza e capacità di comprensione</p> <p>Lo studente al termine del corso avrà conoscenza delle principali tematiche inerenti la struttura e la produzione di diverse tipologie di materiali: metalli, polimeri, materiali ceramici e compositi. Particolare attenzione verrà posta sulle proprietà e sulle svariate applicazioni dei materiali sopraelencati.</p> <p>Al termine del corso lo studente conoscerà le principali classi di materiali biocompositi e nanocompositi. Lo studente avrà piena conoscenza delle principali tipologie di matrici e rinforzi utilizzabili, nonché delle principali tecnologie di produzione e delle principali tecniche di indagine sperimentale per la caratterizzazione chimico-fisica.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</p> <p>Capacità di comprendere e di discutere su:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Stati di aggregazione della materia e strutture molecolari nei solidi: materiali amorfi e cristallini</li> <li>• Metodi di riconoscimento e caratterizzazione dei materiali sulla base delle loro proprietà fisiche: metalli, polimeri, ceramici e compositi</li> <li>• Produzione e proprietà dei materiali metallici</li> <li>• Produzione e proprietà dei materiali polimerici</li> <li>• Produzione e proprietà dei materiali ceramici</li> <li>• Caratterizzazione meccanica dei materiali</li> <li>• Scelta di un materiale sulla base dell'applicazione</li> </ul> <p>Lo studente sarà in grado di effettuare scelte consapevoli relativamente ai materiali compositi e nanocompositi appropriati per ogni tipologia di applicazione. Sarà inoltre in grado di correlare la struttura di tali materiali alle proprietà macroscopiche e quindi fare la scelta corretta in funzione delle condizioni d'opera.</p> <p>Autonomia di giudizio</p> <p>Lo studente sarà in grado di determinare le principali proprietà fisico-chimiche delle diverse tipologie di materiali. Inoltre, avrà acquisito la capacità di identificare i materiali necessari ad una data applicazione. Sarà in grado di riconoscere i materiali e le loro principali proprietà e anche di identificarne i metodi di produzione e trasformazione.</p> <p>Lo studente sarà in grado di scegliere il materiale più adatto per una determinata applicazione in base alle caratteristiche richieste. Sarà, inoltre, in grado di scegliere gli strumenti e le prove necessarie per descrivere il campo di applicabilità di un materiale composito o nanocomposito e la performance del dispositivo finale, sia in fase di progetto che di verifica.</p> <p>Abilità comunicative</p> <p>Lo studente sarà in grado di comunicare con competenza e proprietà di linguaggio problematiche complesse relative alle proprietà fisico-chimiche dei materiali e le correlazioni proprietà-struttura dei materiali anche in contesti specializzati.</p> <p>Lo studente acquisirà la capacità di comunicare ed esprimere problematiche inerenti l'oggetto del corso. Sarà in grado di individuare problemi relativi alla lavorazione di diversi materiali biocompositi e nanocompositi trasmettendo le informazioni in adeguato linguaggio tecnico. Lo studente sarà anche in grado di esporre i risultati di una ricerca e di proporre sistemi appropriati e di spiegare eventuali idee progettuali ad essi connesse.</p> <p>Capacità d'apprendimento</p> <p>Lo studente sarà in grado di affrontare in autonomia qualsiasi problematica relativa alla scelta dei materiali, alla loro caratterizzazione ed all'ottimizzazione dei processi di trasformazione.</p> <p>Al termine del corso lo studente avrà appreso come scegliere il materiale composito o nanocomposito più adatto ad una certa applicazione o dispositivo valutandone le proprietà e la funzionalità. Le conoscenze apprese all'interno del corso gli daranno la possibilità di gestire problemi riguardanti la preparazione e la caratterizzazione di materiali compositi e nanocompositi e gli consentiranno di proseguire gli studi con maggiore autonomia e dinamicità e con la consapevolezza di essere in grado di effettuare scelte ragionevoli e motivate al momento della realizzazione di eventuali progetti.</p> |
| <b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>    | <p>La valutazione si svolgerà sulla base di due prove: esame scritto e prova orale.</p> <p>La valutazione finale prevede un voto in trentesimi secondo i criteri sotto riportati:</p> <p>30- 30 e lode: ottima conoscenza degli argomenti, ottima proprietà di linguaggio, buona capacità analitica, lo studente è in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti;</p> <p>26-29: buona padronanza degli argomenti, piena proprietà di linguaggio, lo studente è in grado di applicare le conoscenze per risolvere i problemi proposti</p> <p>24-25: conoscenza di base dei principali argomenti, discreta proprietà di linguaggio, con limitata capacità di applicare autonomamente le conoscenze</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

|                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                       | alla soluzione dei problemi proposti<br>21-23: non ha piena padronanza degli argomenti principali dell'insegnamento ma ne possiede le conoscenze, soddisfacente proprieta' di linguaggio, scarsa capacita' di applicare autonomamente le conoscenze acquisite<br>18-20: minima conoscenza di base degli argomenti principali dell'insegnamento e del linguaggio tecnico, scarsissima o nulla capacita' di applicare autonomamente le conoscenze acquisite<br>La prova non sara' superata nel caso in cui l'esaminando dimostri di non possedere una conoscenza accettabile dei contenuti degli argomenti trattati nell'insegnamento. |
| <b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b> | Lezioni, Esercitazioni, Laboratorio                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

| <b>MODULO</b><br><b>BIOMATERIALI COMPOSITI E NANOCOMPOSITI</b><br><i>Prof. VINCENZO FIORE</i>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                  |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>TESTI CONSIGLIATI</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |                                  |
| - Mallick P.K. Fibre reinforced composites: materials, manufacturing and design. Marcel Dekker Inc.<br>- Agarwal B.D., Broutman L.J., Chandrashekhara K. Analysis and Performance of Fiber Composites. John Wiley & Sons.<br>- Pinnavia T.J., Beall G.W. Polymer-clay nanocomposites. John Wiley & Sons.<br>- Dispense fornite dal docente.                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                  |
| <b>TIPO DI ATTIVITA'</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | B                                |
| <b>AMBITO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 50482-Discipline dell'ingegneria |
| <b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | 96                               |
| <b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | 54                               |
| <b>OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                  |
| La finalita' principale del corso e' quella di fornire le conoscenze relative ai seguenti aspetti fondamentali relativi alla progettazione, produzione e utilizzo dei biomateriali compositi e nanocompositi: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Principali tipologie di matrici e rinforzi utilizzabili</li> <li>• Principali tecnologie di produzione;</li> <li>• Studio dei modelli teorico/predittivi del comportamento meccanico;</li> <li>• Principali tecniche di indagine sperimentale delle proprieta' meccaniche, chimico e fisiche;</li> <li>• Settori applicativi tradizionali e innovativi</li> </ul> |                                  |

## PROGRAMMA

| ORE | Lezioni                                                                                                                                                                                                                                                            |
|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 3   | Principali strutture in materiale biocomposito fibro-rinforzato: laminati e sandwich                                                                                                                                                                               |
| 7   | Matrici polimeriche per materiali compositi e biocompositi                                                                                                                                                                                                         |
| 5   | Fibre di rinforzo per materiali compositi: fibre sintetiche e naturali                                                                                                                                                                                             |
| 3   | Principali tecniche di produzione dei materiali compositi e biocompositi: hand lay-up, vacuum bagging, vacuum infusion, RTM, filament winding, pultrusion                                                                                                          |
| 2   | Adesione fibra/matrice: tecniche di indagine sperimentale atte a valutare la resistenza all'interfaccia fibra/matrice. Valutazione della bagnabilita' delle fibre tramite misure dell'angolo di contatto, trattamenti superficiali di fibre sintetiche e naturali. |
| 6   | Modelli teorici predittivi il comportamento meccanico: micromeccanica e teoria della laminazione                                                                                                                                                                   |
| 8   | Principali cariche per nanocompositi: argille naturali e sintetiche, idrotalciti, grafene, nanotubi di carbonio, nanocristalli a base di polisaccaridi. Metodi di preparazione dei nanocompositi. Principali proprieta' e applicazioni dei nanocompositi.          |
| ORE | Esercitazioni                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 4   | Esercitazioni in aula sul calcolo teorico delle caratteristiche meccaniche dei laminati compositi                                                                                                                                                                  |
| ORE | Laboratori                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 16  | Esercitazioni di laboratorio relative ai principali metodi di produzione e alle principali tecniche di caratterizzazione dei materiali biocompositi e nanocompositi. Caratterizzazione sperimentale dei materiali biocompositi e nanocompositi.                    |

**MODULO**  
**PROCESSING TECHNOLOGIES OF POLYMERIC BIOMATERIALS**

*Prof.ssa NADKA TZANKOVA DINTCHEVA*

**TESTI CONSIGLIATI**

- W.F. Smith, "Scienza e Tecnologia dei Materiali", Mc Graw Hill 3° ed 2008
- A. Cigada, T. Pastore, "Struttura e proprietà dei materiali metallici", McGraw-Hill 2012
- S. Bruckner, G. Allegra, M. Pegoraro, F.P. La Mantia, "Scienza e tecnologia dei materiali polimerici" Edises, 2007
- Dispense distribuite dal docente

|                                                                    |                                  |
|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| <b>TIPO DI ATTIVITA'</b>                                           | B                                |
| <b>AMBITO</b>                                                      | 50482-Discipline dell'ingegneria |
| <b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>               | 144                              |
| <b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITA' DIDATTICHE ASSISTITE</b> | 81                               |

**OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO**

Il corso si prefigge di approfondire alcune tematiche inerenti alla produzione industriale e alle proprietà fisico-chimiche dei materiali, stabilendo le principali relazioni struttura – proprietà – lavorazione. La parte finale del corso prevede una introduzione alla formulazione e produzione dei materiali compositi.

**PROGRAMMA**

| <b>ORE</b> | <b>Lezioni</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2          | Introduzione al corso sulla produzione industriale dei materiali e determinazione delle loro proprietà                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| 11         | Struttura dei materiali: - Stato solido: impacchettamento atomico e struttura cristallina, reticoli di Bravais, materiali amorfi; - Densità atomica e piani di addensamento; - Caratterizzazioni strutturali e morfologiche.                                                                                                                                                                                                                                             |
| 18         | Materiali metallici: - Produzione industriale dei materiali metallici, acciai e ghise; - Diagramma di stato Fe-C per gli acciai, Diagramma Trasformazione – Tempo - Temperatura (TTT), Diagramma Continuous Cooling Transformation (CCT) e le relazioni con il diagramma di stato; - Tempra, trattamenti termici e chimici; - Cenni su acciai speciali, inossidabili e ghise; - Corrosione dei materiali metallici; - Proprietà dei materiali metallici, acciai e ghise. |
| 18         | Materiali polimerici e biopolimerici: - Macromolecole: struttura e classificazione; - Reazioni di polimerizzazione e metodi industriali di polimerizzazione; - Cenni sulla viscoelasticità lineare e non-lineare, reometria; - Proprietà dei materiali polimerici allo stato solido: proprietà ottiche; meccaniche, termo-meccaniche, termiche e morfologiche.                                                                                                           |
| 13         | Materiali ceramici: - Strutture cristalline ceramiche e struttura dei silicati; - Lavorazione dei materiali ceramici; - Proprietà elettriche, meccaniche e termiche dei ceramici; - Vetri e Refrattari.                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 7          | Micro- e Nano- Biocompositi: - Compositi fibrosi e particellari tradizionali; - Proprietà isotrope ed anisotrope: cenni di micromeccanica in condizioni di isosforzo e isodeformazione; - Esempi specifici di materiali compositi: Cemento Portland, Asfalto; - Micro- e Nano-compositi: produzione e applicazioni.                                                                                                                                                      |
| <b>ORE</b> | <b>Esercitazioni</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3          | Prova di misura di viscosità allo stato fuso: rilevamento della viscosità complessa e dei moduli elastico e viscoso                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 3          | Biocompositi: calcolo delle grandezze meccaniche in condizioni di isosforzo e isodeformazione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>ORE</b> | <b>Laboratori</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| 3          | Prova di trazione in condizioni statiche: misurazione sperimentale del modulo elastico, sforzo e deformazione a rottura                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 3          | Prova di impatto: resistenza ad impatto di diversi materiali;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |