

**DENOMINAZIONE INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA**

**FONDAMENTI DI METALLURGIA**

Fundamentals of Metallurgy

**INFORMAZIONI INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA**

|        |           |        |                       |
|--------|-----------|--------|-----------------------|
| A.A.   | 2026-2027 | CdS    | Scienza dei Materiali |
| Codice | 8068695   | Canale | Unico                 |
| CFU    | 6         | Lingua | Italiano              |

**DOCENTE RESPONSABILE DELL'INSEGNAMENTO / ATTIVITÀ FORMATIVA**

**Alessandra Varone**

**CODOCENTE**

Modulo:

**OBIETTIVI FORMATIVI E RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI**

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | <p><b>OBIETTIVI FORMATIVI</b> La prima parte del corso si propone di fornire conoscenze sui difetti cristallini, sui diagrammi di stato e sui principali meccanismi fisici che sono alla base delle proprietà meccaniche dei metalli. Verranno esaminate le principali prove meccaniche impiegate per caratterizzare metalli e leghe e i possibili trattamenti termici da applicare per modificarne le caratteristiche meccaniche. Nella seconda parte del corso verrà fornita una conoscenza approfondita delle principali leghe ferrose e non ferrose.</p> <p><b>CONOSCENZA E CAPACITÀ DI COMPRENSIONE</b> Si richiede allo studente la capacità di saper interpretare il comportamento strutturale e funzionale delle principali classi di materiali sulla base della loro struttura.</p> <p><b>CAPACITÀ DI APPLICARE CONOSCENZA E COMPRENSIONE:</b> Al termine dell'insegnamento, lo studente dovrà essere in grado di: (i) definire le caratteristiche dei materiali; (ii) descrivere i principali test meccanici; (iii) definire i trattamenti necessari per ottenere le proprietà meccaniche richieste; (iv) selezionare materiali metallici in funzione del loro uso</p> <p><b>AUTONOMIA DI GIUDIZIO:</b> Abilità di investigare e selezionare materiali metallici in funzione del loro uso.</p> <p><b>ABILITÀ COMUNICATIVE:</b> Capacità di descrivere la microstruttura dei materiali metallici e il suo effetto sulle proprietà meccaniche.</p> <p><b>CAPACITÀ DI APPRENDIMENTO:</b> Comprendere come le caratteristiche microstrutturali e le proprietà meccaniche delle principali classi di leghe metalliche per applicazioni ingegneristiche possano essere studiate e caratterizzate.</p> |
| English  | <p><b>LEARNING OBJECTIVES</b></p> <p>The first part of the course provides the knowledge of crystal defects, phase diagrams, and physical mechanisms that underlie the mechanical properties of metals and alloys. Mechanical tests, useful to characterize metals and alloy, and heat treatments needed to modify their behaviours will be study. Finally, in-depth knowledge of the main ferrous and non-ferrous alloys and their mechanical properties will be provided.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

|  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <p><b>KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:</b> Students should be able to explain the structural and functional behaviours of different types of materials based on their structure.</p> <p><b>APPLYING KNOWLEDGE AND UNDERSTANDING:</b> Ability to (i) define materials' behaviours; (ii) describe the main mechanical tests ; (iii) define heat treatments needed to obtain the required mechanical properties; (iv) select metallic materials in relation to their application.</p> <p><b>MAKING JUDGEMENTS:</b> Ability to investigate and select metallic materials in relation to their use.</p> <p><b>COMMUNICATION SKILLS:</b> Ability to describe the microstructure of metallic materials and its effect on the mechanical properties.</p> <p><b>LEARNING SKILLS:</b> Understanding how the microstructural features and mechanical properties of the main families of metal alloys for engineering applications can be investigated and characterized.</p> |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

#### PREREQUISITI

|          |                                           |
|----------|-------------------------------------------|
| Italiano | Non sono previste propedeuticità formali. |
| English  | There are no formal prerequisites.        |

#### PROGRAMMA E CRONOPROGRAMMA

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | <p>La prima parte del corso ( 25 ore) si propone di fornire conoscenze sui difetti cristallini, sui diagrammi di stato binari e ternari e sui principali meccanismi fisici alla base delle proprietà meccaniche dei metalli. Verranno esaminate le principali prove meccaniche impiegate per caratterizzare i materiali metallici e i possibili trattamenti termici da applicare per modificarne le caratteristiche meccaniche.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-La struttura cristallina dei metalli.</li> <li>-Difetti cristallini (di punto, di linea e di superficie). La diffusione. Le leggi di Fick. Soluzione di problemi di interesse metallurgico.</li> <li>-Prove meccaniche: trazione, durezza, micro-durezza, fatica, resilienza.</li> <li>-Diagrammi di stato di leghe metalliche binarie. Equilibrio nei sistemi a più componenti.</li> <li>-Diagrammi di stato ternari.</li> <li>-Classificazione delle trasformazioni di fase allo stato solido.</li> </ul> <p>Nella seconda parte del corso verrà fornita una conoscenza approfondita delle principali leghe ferrose ( 15 ore) e non ferrose (8 ore) e delle loro caratteristiche meccaniche.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Diagramma di stato Fe-C. Effetto degli elementi di lega negli acciai. Trattamenti termici. Curve TTT e CCT. Microstrutture di equilibrio e di non equilibrio degli acciai.</li> <li>-Temprabilità degli acciai. Prova Jominy.</li> <li>-Nitrurazione e cementazione.</li> <li>-Classificazione e proprietà delle leghe ferrose: acciai strutturali, da bonifica, per molle, per utensili. Gli acciai inossidabili (ferritici, martensitici, duplex e austenitici).</li> <li>-Le ghise.</li> <li>-Classificazione e proprietà delle leghe non ferrose: leghe di alluminio, leghe di rame,</li> </ul> |
|----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                | leghe di titanio, leghe di nichel.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| <i>English</i> | <p>The first part of the course ( 25 hours) provides the knowledge of crystal defects, phase diagrams, and of the main physical mechanisms that underlie the mechanical properties of metals and alloys. The mechanical tests and heat treatments needed to modify their behaviours will be study.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Crystal structure of metals.</li> <li>-Crystal defects (point, line, and surface defects). Diffusion. Fick's laws. Solution of problems of metallurgical interest.</li> <li>-Mechanical testing: tensile testing, hardness, microhardness, fatigue, and impact toughness.</li> <li>-Phase diagrams of binary metallic alloys. Equilibrium in multicomponent systems.</li> <li>-Ternary phase diagrams.</li> <li>-Classification of solid-state phase transformations.</li> </ul> <p>In the second part of the course, an in-depth knowledge of the main ferrous alloys (15 hours) and non-ferrous alloys (8 hours), together with their mechanical characteristics, will be provided.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Fe-C phase diagram. Effect of alloying elements in steels. Heat treatments. TTT and CCT diagrams. Equilibrium and non-equilibrium microstructures of steels.</li> <li>-Hardenability of steels. Jominy test.</li> <li>-Nitriding and carburizing.</li> <li>-Classification and properties of ferrous alloys: structural steels, quenched-and-tempered steels, spring steels, tool steels. Stainless steels (ferritic, martensitic, duplex, and austenitic).</li> <li>-Cast irons.</li> <li>-Classification and properties of non-ferrous alloys: aluminum alloys, copper alloys, titanium alloys, and nickel alloys</li> </ul> |

#### TESTI ADOTTATI E BIBLIOGRAFIA DI RIFERIMENTO

|                 |                                                                                                                                                                                                          |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Italiano</i> | Appunti delle lezioni. Materiale didattico usato per le lezioni. Scienza e tecnologie dei metalli- CittàStudi Edizioni W.Smith. Scienza e Tecnologia dei materiali McGraw Hill. W. Nicodemi. Metallurgia |
| <i>English</i>  | ecture notes. Slides employed for lectures. Scienza e tecnologie dei metalli- CittàStudi Edizioni W.Smith. Scienza e Tecnologia dei materiali McGraw Hill. W. Nicodemi. Metallurgia                      |

#### DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI SVOLGIMENTO E METODI DIDATTICI ADOTTATI

☒ In presenza ☐ A distanza

|                 |                                        |
|-----------------|----------------------------------------|
| <i>Italiano</i> | Didattica frontale condotta in aula    |
| <i>English</i>  | Frontal lectures done in the classroom |

#### MODALITÀ DI FREQUENZA

☐ frequenza obbligatoria ☒ frequenza facoltativa

#### DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ DI FREQUENZA

|                 |                                                                                                                  |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <i>Italiano</i> | La frequenza regolare del corso non è obbligatoria ma è molto consigliata al fine di facilitare l'apprendimento. |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|         |                                                                                                                         |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| English | The regular attendance of the course is not mandatory but it is highly recommended in order to facilitate the learning. |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**MODALITÀ DI VALUTAZIONE**

- ☐ Prova scritta      ☒ Prova orale      ☐ Prova di laboratorio      ☐ Prova pratica  
☐ Valutazione in itinere      ☐ Valutazione di progetto      ☐ Valutazione di tirocinio

**COMPOSIZIONE DELLA COMMISSIONE VALUTATRICE**

OLTRE ALLA TITOLARE ALESSANDRA VARONE anche la collega MARIA RICETTA

**DESCRIZIONE DELLE MODALITÀ E DEI CRITERI DI VERIFICA DELL'APPRENDIMENTO**

|          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Italiano | <p>La prova di esame sarà orale e valutata secondo i seguenti criteri:</p> <p>Non idoneo: importanti carenze e/o mancanza di accuratezza nella conoscenza e comprensione degli argomenti; limitate capacità di analisi e sintesi, frequenti generalizzazioni.</p> <p>18-20: conoscenza e comprensione degli argomenti appena sufficiente con possibili imperfezioni; capacità di analisi, sintesi e autonomia di giudizio sufficienti.</p> <p>21-23: Conoscenza e comprensione degli argomenti routinaria; Capacità di analisi e sintesi corrette con argomentazione logica coerente.</p> <p>24-26: Discreta conoscenza e comprensione degli argomenti; buone capacità di analisi e sintesi con argomentazioni espresse in modo rigoroso. 27-29: Conoscenza e comprensione degli argomenti completa; notevoli capacità di analisi, sintesi. Buona autonomia di giudizio.</p> <p>30-30L: Ottimo livello di conoscenza e comprensione degli argomenti. Notevoli capacità di analisi e di sintesi e di autonomia di giudizio. Argomentazioni espresse in modo originale.</p>   |
| English  | <p>The exams will be an oral test and the evaluation will follow the criteria:</p> <p>Not passed: important deficiencies and / or inaccuracies in knowledge and understanding of the topics; limited capacity for analysis and synthesis, frequent generalizations.</p> <p>18-20: knowledge and understanding of the topics just sufficient with possible imperfections; sufficient capacity for analysis, synthesis and autonomy of judgment.</p> <p>21-23: Routine knowledge and understanding of topics; Ability to correct analysis and synthesis with coherent logical argumentation.</p> <p>24-26: Fair knowledge and understanding of the topics; good analysis and synthesis skills with rigorously expressed arguments.</p> <p>27-29: Complete knowledge and understanding of the topics; remarkable skills of analysis, synthesis. Good autonomy of judgment. 30-30 cum laude: Excellent level of knowledge and understanding of the topics. Remarkable capacity for analysis and synthesis and autonomy of judgment. Arguments expressed in an original way.</p> |