



# UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO

<b>DIPARTIMENTO</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO OFFERTA</b>	2024/2025
<b>ANNO ACCADEMICO EROGAZIONE</b>	2025/2026
<b>CORSO DILAUREA MAGISTRALE</b>	INGEGNERIA AEROSPAZIALE
<b>INSEGNAMENTO</b>	CORROSIONE E PROTEZIONE DEI MATERIALI PER L'AEROSPAZIO
<b>TIPO DI ATTIVITA'</b>	C
<b>AMBITO</b>	20907-Attività formative affini o integrative
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	18053
<b>SETTORI SCIENTIFICO-DISCIPLINARI</b>	ING-IND/23
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	SANTAMARIA MONICA Professore Ordinario Univ. di PALERMO
<b>ALTRI DOCENTI</b>	
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	96
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLA DIDATTICA ASSISTITA</b>	54
<b>PROPEDEUTICITA'</b>	
<b>MUTUAZIONI</b>	
<b>ANNO DI CORSO</b>	2
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	2° semestre
<b>MODALITA' DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	<b>SANTAMARIA MONICA</b> Lunedì 13:00 14:00 Studio personale Edificio 6 secondo piano previa conferma per e-mail Mercoledì 12:30 14:00 Studio personale Edificio 6 secondo piano previa conferma per e-mail Venerdì 12:30 14:00 Studio personale Edificio 6 secondo piano previa conferma per e-mail

DOCENTE: Prof.ssa MONICA SANTAMARIA

<b>PREREQUISITI</b>	Conoscenze di chimica di base, chimica inorganica e di elettrotecnica.
<b>RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI</b>	<p>Conoscenza e capacità di comprensione</p> <p>Lo studente al termine del corso avrà conoscenza sui meccanismi e tipi di corrosione di materiali metallici al variare delle caratteristiche chimico-fisiche dell'ambiente. Avrà anche conoscenza sugli effetti sinergici che stati di sollecitazione hanno sui fenomeni di corrosione. Apprenderà le possibili tecniche di protezione, acquisendo la capacità di comprendere gli aspetti critici che intervengono a causare i fenomeni di degrado. Lo studente avrà competenze sulla protezione e prevenzione dei fenomeni di corrosione nell'industria aerospaziale indispensabili per il mantenimento in esercizio dei velivoli, per la loro sicurezza ed il loro progetto.</p> <p>Capacità di applicare conoscenza e comprensione</p> <p>Lo studente al termine del corso avrà conoscenza sui meccanismi e tipi di corrosione di materiali metallici in diversi ambienti. Dette conoscenze gli consentiranno di comprendere le cause di fenomeni di degrado dei materiali solitamente utilizzati nell'industria aeronautica e/o di scegliere i materiali e le tecniche per prevenire e controllare i danni conseguenti alla corrosione.</p> <p>Autonomia di giudizio</p> <p>Sulla base delle competenze acquisite lo studente saprà scegliere in fase di progetto i materiali da utilizzare per determinato ambiente, e saprà in fase di monitoraggio stabilire come e quando intervenire per arrestare i fenomeni di degrado.</p> <p>Abilità comunicative</p> <p>Lo studente sarà in grado di dialogare costruttivamente con le altre figure professionali coinvolte nel progetto e/o nell'intervento.</p> <p>Capacità d'apprendimento</p> <p>Dopo avere appreso le conoscenze fondamentali, lo studente sarà in grado di consultare norme, manuali tecnici e letteratura scientifica del settore che gli consentano di aggiornare le sue competenze e definire i suoi interventi.</p>
<b>VALUTAZIONE DELL'APPRENDIMENTO</b>	<p>La valutazione dello studente prevede una prova orale in cui vengono proposte delle domande a risposta aperta concentrate su tre ambiti: aspetti termodinamici dei processi di corrosione, aspetti cinetici dei processi di corrosione e descrizione delle problematiche relative ad accoppiamenti metallo/ambiente tipici dell'industria aerospaziale.</p> <p>Le domande saranno in parte quantitative ed in parte qualitative, e lo studente potrà avvalersi di strumenti che lo aiutino a rispondere in maniera corretta (Atlante dei Diagrammi di Pourbaix, Normativa, etc.). Infine, lo studente discuterà un caso studio scelto fra una lista di tre proposte. Lo studente dovrà dimostrare capacità di elaborare le conoscenze fondamentali acquisite nel corso utilizzandole per superare i problemi pratici che gli vengono posti (comportamento di un materiale per fissato ambiente, eventuale sistema di protezione, effetto della sinergia fra sollecitazione e corrosione, etc.), e capacità di esprimersi con un linguaggio tecnicamente corretto sui contenuti dell'insegnamento. Sarà richiesta particolare attenzione alle unità di misura delle grandezze fisiche di interesse (ad esempio corrente, densità di corrente, velocità di corrosione, etc.).</p> <p>Il punteggio della prova d'esame è attribuito mediante un voto espresso in trentesimi con eventuale lode. Le domande a risposta aperta peseranno fino ad un massimo di 24/30, mentre i restanti 6/30 e l'eventuale lode saranno attribuiti in base alla discussione del caso studio. La verifica finale mira a valutare se lo studente abbia conoscenza e comprensione degli argomenti, abbia acquisito competenza interpretativa e autonomia di giudizio di casi concreti. La soglia della sufficienza sarà raggiunta quando lo studente mostri conoscenza e comprensione degli argomenti almeno nelle linee generali e abbia competenze applicative minime in ordine alla risoluzione di casi concreti; nello specifico è richiesto che lo studente sappia almeno quali fattori considerare per valutare l'efficacia e rischi connessi all'accoppiamento materiale-ambiente e di quali strumenti avvalersi. Dovrà ugualmente possedere capacità espositive e argomentative tali da consentire la trasmissione delle sue conoscenze alla commissione esaminatrice. Al di sotto di tale soglia, l'esame risulterà insufficiente. Quanto più, invece, l'esaminando con le sue capacità argomentative ed espositive riesce a interagire con la commissione, e quanto più le sue conoscenze e capacità applicative vanno nel dettaglio (anche quantitativo) della disciplina oggetto di verifica, tanto più la valutazione sarà positiva.</p> <p>Per gli studenti con disabilità e neurodiversità saranno garantiti gli strumenti compensativi e le misure dispensative individuate dal CeNDis - Centro di Ateneo per la disabilità e la neurodiversità, in base alle specifiche esigenze e in attuazione della normativa vigente.</p>
<b>OBIETTIVI FORMATIVI</b>	Il corso si propone di fornire i concetti di base della corrosione al fine di effettuare una corretta scelta dei materiali e/o delle tecniche per prevenire e controllare i danni conseguenti alla corrosione nell'industria aerospaziale.
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali ed esercitazioni collettive numeriche e di laboratorio.

<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	Pietro Pedferri, Corrosione e protezione dei materiali metallici. Vol. I e Vol. II, Polipress, 2010, Italia, ISBN: 9788873980612. Corrosion Control in the Aerospace Industry, Edited by Samuel Benavides, CRC Press, 2009, ISBN: 978-1-84569-345-9. Lectures notes and powerpoint presentations.
--------------------------	---

### PROGRAMMA

ORE	Lezioni
4	Aspetti generali. Proprieta' dei materiali. Classificazione dei materiali. Caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche. Comportamento in esercizio. Danni diretti e indiretti.
5	Aspetti generali della corrosione: Definizione di corrosione a secco e a umido. Meccanismo elettrochimico di corrosione. Reazioni di corrosione: processi anodici e catodici. Legge di Faraday. Aspetti termodinamici. Potenziali standard ed equazione di Nerst. Diagrammi di Pourbaix.
5	Aspetti cinetici: sovratensioni nei processi anodici e catodici. Controllo cinetico per trasferimento di carica e di massa. , condizioni di passivita. Diagrammi di Evans. Leggi di funzionamento dei sistemi di corrosione. Fattori di corrosione relativi al metallo e all'ambiente.
8	Forme di corrosione: generalizzata, per contatto galvanico, pitting o vaiolatura, corrosione in fessura, corrosione da interferenza, attacco selettivo, corrosione intergranulare, corrosione per turbolenza, abrasione e sfregamento, sotto sforzo (stress corrosion cracking), corrosione-fatica, danneggiamento da idrogeno, corrosione microbiologica. Corrosione in presenza di CO2 e di H2S.
5	Leghe leggere dell'alluminio. Effetti dei processi di corrosione sull'integrita' della struttura degli aeromobili. Effetto dei processi di corrosione sulle proprieta' meccaniche di aeroplani in leghe leggere dell'alluminio. Effetti e costi dei processi di corrosione nell'industria aerospaziale.
4	Monitoraggio, valutazione e previsione dei processi di corrosione: tecniche di valutazione non distruttive della corrosione nell'industria aerospaziale. Modellazione dei processi di corrosione e di corrosione a fatica di strutture per l'aerospazio.
7	Protezione dai processi di corrosione: coatings e trattamenti superficiali. Crescita di film anodici su leghe leggere dell'alluminio e del magnesio. Crescita di strati di conversione su leghe leggere di alluminio e magnesio. Inibitori della corrosione e loro utilizzo nei coatings. Primer. Processi innovativi chromate free. Influenza della microstruttura sulla resistenza alla corrosione di leghe metalliche. Influenza dei processi di saldatura sulla microstruttura e sulle proprieta' corrosionistiche delle leghe leggere di Al. Trattamenti postwelding. Tecniche di rimozione dei coating removal. Protezione catodica.
2	Prove di corrosione (metodi di misura della velocita' di corrosione in laboratorio e in campo, interpretazione e utilizzo dei risultati, descrizione dei test standard sui materiali per uso aerospaziale (Salt Spray Test, Adhesion test, etc).
2	Progettazione e Scelta dei Materiali. Uso di banche dati, sistemi esperti, normativa. Valutazioni economiche e di affidabilita' (Life Cycle Cost, Decision analysis).
ORE	Esercitazioni
2	Costruzione dei digrammi di Pourbaix a partire da dati termodinamici e loro impiego
2	Metodi sperimentali per misure di potenziale e di velocita' di corrosione. Misure di resistenza di polarizzazione con metodo d.c. and a.c.. Metodi di prevenzione e protezione dalla corrosione: materiali nobili e passivi, rivestimenti, protezione catodica, inibitori.
2	Indagini sui materiali e sulle strutture. Tecniche di ispezione sulle strutture e metodi non distruttivi; analisi sui materiali degradati; monitoraggio del degrado.
2	Applicazioni della protezione catodica. Potenziale di protezione. Densita' di corrente di protezione. Rivestimenti e strati protettivi. Test di laboratorio su protezione catodica e coating (preparazione e caratterizzazione tramite tecniche elettrochimiche ed indagini strutturali).
2	Processi di anodizing di leghe leggere dell'alluminio e del magnesio. Test di resistenza alla corrosione di film anodici su leghe di Al e di Mg. Test di resistenza alla corrosione di Ti e leghe di Ti, e di acciai al carbonio ed inox.
2	Identificazione dei prodotti di corrosione tramite diffrazione a raggi X e spettroscopia Raman. Analisi della morfologia dell'attacco corrosivo tramite microscopia elettronica a scansione.