Denominazione	Atomic Force Microscopy
SS	PHYS-03/A
Docente	Enrico Di Russo (responsabile) Francesco Sgarbossa
Ore	8
CFU	1
Periodo di svolgimento	Febbraio 2026
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75 % minima di presenza). ☐ No
Contenuti del corso	Il corso è strutturato in due parti: I) lezioni teoriche svolte in aula: verranno illustrati i principi della teoria alla base della microscopia a forza atomica (AFM) e discusse alcune modalità elettriche avanzate; II) lezione pratica: verrà mostrato come impostare una misura di morfologia utilizzando l'AFM e come impiegare alcune modalità elettriche avanzate su campioni di test selezionati. Gli argomenti trattati dal corso sono i seguenti: ● Principio fisico di funzionamento, struttura e operazioni di base di un AFM: sistema di rilevamento del laser, scanner piezoelettrico, anello di retroazione. ● Modalità operative di base e tecniche di imaging di superfici: modalità di contatto (statica), modalità di semi-contatto (tapping). ● Analisi delle immagini e cause comunque degli artefatti di scansione: non linearità degli scanner piezoelettrici, mappatura della punta, impostazioni errate dell'anello di retroazione, elaborazione errata dell'immagine, interferenze esterne (meccaniche, acustiche, elettriche), deriva termica. ● Imaging di vari tipi di campioni: cristalli, polimeri, campioni biologici. ● Modalità elettriche avanzate: current AFM (c-AFM), piezo-force microscopy (PFM); Kelvin prove force microscopy (KPFM), scanning microwave microscopy (SMM).
Obiettivi di apprendimento	i) Comprensione dei principi fisici alla base delle modalità operative del microscopio a forza atomica, incluse le modalità elettriche avanzate.

	ii) Capacità di identificare la modalità di imaging più adatta per studiare le proprietà di diverse classi di materiali.
Metodologie didattiche	Il corso prevede due lezioni frontali di 3 ore ciascuna, più 2 ore id laboratorio da svolgersi a piccoli gruppi.
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No
Prerequisiti (non obbligatorio)	Conoscenze di Fisica Generale 1 e 2: oscillatore armonico, forze elastiche, semplici circuiti elettrici.
Modalità d'esame (se previsto)	Un test finale sarà svolto utilizzando la piattaforma Moodle.
Materiale studio	V. L. Mironov, Fundamentals of Scanning Probe Microscopy, 2004. *https://www.labtrek.it/Mironov_SPM.pdf* Panoramica delle modalità AFM: *https://www.nanosurf.com/en/support/afm-modes-overview* Video tutorial e webinar gratuiti: *https://www.nanosurf.com/en/nanosurf-afm-masterclass-on-demand*
Informazioni aggiuntive	

Denominazione	Metodi Elettrochimici per la Caratterizzazione ex-situ dei Materiali per l'Immagazzinamento di Energia
SS	CHEM-06/A
Docente	• Di Noto Vito • Pagot Gioele
Ore	8 h
CFU	1 ECTS
Periodo di svolgimento	Luglio - agosto 2026
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75% minima di presenza) ☐ No
Contenuti del corso	Il corso proposto fornirà una panoramica completa sugli aspetti più importanti dell'elettrochimica, con un forte focus sulla sua applicazione ai materiali per l'immagazzinamento reversibile di energia elettrochimica. L'obiettivo è fornire agli studenti una solida comprensione dei fondamenti delle reazioni elettrodiche e dei principi alla base delle principali tecniche elettrochimiche. Una parte significativa del corso si concentrerà sulle tecniche voltammetriche, utilizzate per analizzare i processi di inserimento/de-inserimento e deposizione/stripping che avvengono durante le reazioni redox dei materiali attivi in una cella elettrochimica. Verrà data particolare attenzione a come queste tecniche possano valutare la reversibilità, l'efficienza, la sovratensione e la cinetica di tali reazioni attraverso diverse tecniche elettrochimiche ex-situ. Inoltre, il corso introdurrà le principali tecniche a corrente alternata (AC), come la spettroscopia di impedenza elettrochimica (EIS), con un'enfasi su come queste metodologie rivelino i cambiamenti nelle proprietà della cella durante i cicli di carica/scarica. In particolare, l'EIS sarà discussa nel contesto della sua capacità di fornire dettagli approfonditi sull'evoluzione delle interfacce elettrodo-elettrolita. Il corso tratterà anche i protocolli di test dei dispositivi dove vengono implementati i materiali attivi (catodo, anodo, elettrolita), evidenziando procedure specifiche che consentono una comprensione più approfondita delle peculiarità di questi composti. Verranno esaminati casi studio su dispositivi elettrochimici per l'immagazzinamento reversibile di energia, al fine di contestualizzare le tecniche discusse. In sintesi, le lezioni e le discussioni offriranno un'esplorazione approfondita dell'applicazione di diverse metodologie elettrochimiche.

	Queste sessioni teoriche saranno accompagnate da dimostrazioni di laboratorio, offrendo agli studenti l'opportunità di assistere alla conduzione di esperimenti elettrochimici reali.
Obiettivi di apprendimento	• Comprendere i principi fondamentali dell'elettrochimica e la loro applicazione ai materiali per l'immagazzinamento elettrochimico di energia. • Padroneggiare il background teorico e l'applicazione pratica delle tecniche voltammetriche per l'analisi delle reazioni redox nelle celle elettrochimiche. • Analizzare i processi di inserimento/de-inserimento e deposizione/stripping dei materiali attivi utilizzando metodi elettrochimici. • Valutare i parametri prestazionali chiave delle reazioni elettrochimiche, come la reversibilità, l'efficienza, la sovratensione e la cinetica, tramite tecniche di caratterizzazione ex-situ. • Acquisire competenza nelle tecniche elettrochimiche a corrente alternata (AC), in particolare nella spettroscopia di impedenza elettrochimica (EIS), e comprendere il loro ruolo nel monitoraggio del comportamento della cella e delle interfacce elettrodo-elettrolita. • Progettare e interpretare esperimenti per la caratterizzazione dei materiali per l'immagazzinamento elettrochimico di energia e valutare le loro prestazioni in configurazioni di dispositivi. • Esplorare applicazioni reali delle tecniche elettrochimiche nei test e nella valutazione di materiali per dispositivi di immagazzinamento reversibile di energia. • Valutare criticamente i limiti e i vantaggi delle diverse metodologie elettrochimiche in relazione alle prestazioni dei materiali e al funzionamento dei dispositivi.
Metodologie didattiche	Il corso sarà composto da lezioni dinamiche, promuovendo discussioni attive e bilaterali tra il docente e gli studenti. Queste sessioni interattive saranno completate da casi studio nel settore, esplorando come le tecniche elettrochimiche teoriche vengano applicate per indagare le proprietà chimico-fisiche dei materiali per l'immagazzinamento di energia. Un'attenzione particolare sarà dedicata alla caratterizzazione elettrochimica di questi sistemi e alla progettazione di esperimenti per valutarne le prestazioni nei dispositivi. Inoltre, gli studenti avranno l'opportunità di visitare laboratori dove vengono sviluppati materiali innovativi per sistemi di immagazzinamento e conversione di energia elettrochimica. In questi laboratori saranno offerte dimostrazioni pratiche delle tecniche elettrochimiche discusse in classe, mostrando la loro applicazione concreta in contesti di ricerca reale.
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☐ Sì ☒ No
Possibile partecipazione di	☐ Sì ☒ No

dottorandi di altri corsi	
Prerequisiti	Gli studenti che si iscrivono a questo corso dovrebbero possedere una conoscenza generale dell'elettrochimica di base, inclusi concetti come le reazioni redox, i potenziali elettrodici e l'equazione di Nernst. È inoltre essenziale una solida comprensione dei principi di chimica fisica, in particolare in relazione alla termodinamica, alla cinetica e alla chimica delle superfici. Si raccomanda vivamente una familiarità con i sistemi di immagazzinamento di energia, come batterie e supercondensatori.
Modalità d'esame	Breve report su di un caso studio
Materiale studio	• Electrochemical Methods: Fundamentals and Applications, Allen J. Bard, Larry R. Faulkner, John Wiley & Sons • Electrochemical Systems, John Newman, Karen E. Thomas-Alyea, John Wiley & Sons • Instrumental Methods in Electrochemistry, D. Pletcher, R. Greff, R. Peat, L.M. Peter, J. Robinson, Woodhead Publishing Electrocatalysis for Membrane Fuel Cells: Methods, Modeling and Applications, Nicolas Alonso-Vante, Vito Di Noto, Wiley-VCH GmbH
Informazioni aggiuntive	Nessuna informazione aggiuntiva

Denominazione	Ellipsometry
SS	IMAT-01/A
Docente (se già definito)	Elena Colusso
Ore	8
CFU	1
Periodo di svolgimento	Settembre 2026
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75% minima di presenza) ☐ No
Contenuti del corso	Il corso presenterà i principi di base dell'ellissometria spettroscopica. La prima parte comprenderà un inquadramento teorico della tecnica (polarizzazione della luce, interazione tra luce e materiali, costanti ottiche) e i fondamenti dell'analisi dei dati ellissometrici, con esempi di applicazioni a diversi tipi di film sottili. Nella seconda parte, gli studenti parteciperanno a un'attività pratica in cui eseguiranno misure e analisi dei dati con lo strumento installato presso il Dipartimento di Ingegneria Industriale.
Obiettivi di apprendimento	1.Comprensione dei principi basi dell'ellisometria. 2. Abilità di scegliere il modello più appropriato per analizzare alcuni tipi di film sottili (vetro, semiconduttore, metallo)
Metodologie didattiche	Lezioni frontali, casi studio, esperienze pratiche in laboratorio
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No l'insegnamento è aperto a tutti, con priorità ai dottorandi del corso di dottorato erogante; pertanto, al termine delle iscrizioni dei dottorandi del corso, verrà creata una lista d'attesa e i dottorandi esterni verranno contattati nel caso ci siano posti liberi

Prerequisiti (non obbligatorio)	
Modalità d'esame (se previsto)	Test scritto a risposta multipla
Materiale studio	Slides fornite dal docente
Informazioni aggiuntive	

Denominazione	Metodi e strumentazione per lo studio dell'area superficiale dei solidi
SS	CHEM-06/A
Docente (se già definito)	Keti Vezzù Begum Yarar Kaplan
Ore	8
CFU	1
Periodo di svolgimento	Luglio 2026
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75 % minima di presenza) ☐ No
Contenuti del corso	Questo corso presenta i principi delle misurazioni di densità, area superficiale e porosità utilizzando tecniche a gas come il picnometro e il metodo BET (Brunauer, Emmett e Teller). Questi metodi stanno diventando sempre più popolari e importanti per la caratterizzazione dei materiali nanostrutturati. La conoscenza dei valori di densità, area superficiale e distribuzione delle dimensioni dei pori è fondamentale per comprendere il comportamento dei nuovi materiali sintetizzati, come catalizzatori (porosità, ...), carboni attivi (porosità, ...), membrane (porosità, ...), isolanti termici (celle aperte e chiuse, ...), farmaci (biodisponibilità, ...), ecc., e anche per la valutazione delle prestazioni dei prodotti e la coerenza della produzione come metodo di controllo qualità. Nella prima parte del corso verrà fornita una descrizione generale delle tecniche. Nel caso delle misurazioni di densità, verranno illustrate diverse metodologie, con i loro punti di forza, le principali applicazioni e i diversi significati. La teoria di Brunauer–Emmett–Teller (BET) sarà presentata insieme alle basi della metodologia (principi, selezione dell'assorbente, ecc…), alla procedura sperimentale e alla valutazione dei dati di adsorbimento in termini di cicli di isteresi, area superficiale, volume e distribuzione di micro- e mesopori. La seconda parte sarà invece dedicata all'attività pratica: in piccoli gruppi, i partecipanti potranno vedere come funzionano il metodo BET e il picnometro a gas.
Obiettivi di apprendimento	Principi del BET e del picnometro a gas Metodi di preparazione dei campioni Interpretazione dei dati BET e dell'adsorbimento fisico

Metodologie didattiche	Lezione frontale, laboratorio
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No
Prerequisiti (non obbligatorio)	Nessuno
Modalità d'esame (se previsto)	Discussione
Materiale studio	Articoli di approfondimento
Informazioni aggiuntive	

Denominazione	Risonanza magnetica nucleare e spettrometria di massa
SS	CHEM-05/A
Docente (se già definito)	Andrea Sartorel
Ore	8
CFU	1
Periodo di svolgimento	Settembre 2026
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75 % minima di presenza) ☐ No
Contenuti del corso	Principi e applicazioni della risonanza magnetica nucleare e spettormetria di massa
Obiettivi di apprendimento	Lo studente sarà in grado di 1. Comprendere I principi delel tecniche NMR e MS; interpretarle e applicarle alla caratterizzazione di molecole e materiali
Metodologie didattiche	Lezioni frontali e case studies
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No
Prerequisiti (non obbligatorio)	No
Modalità d'esame (se previsto)	Esame scritto
Materiale studio	Appunti di lezione

Informazioni aggiuntive	Nessuna

Denominazione	STM: Scanning Tunneling Microscopy
SS	CHEM-03/A
Docente (se già definito)	Silvia Carlotto, Francesco Sedona.
Ore	8
CFU	1
Periodo di svolgimento	febbraio 2026
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75% minima di presenza) ☐ No
Contenuti del corso	I principi e le applicazioni della microscopia a scansione a effetto tunnel (STM) verranno presentati e poi applicati ad un caso studio: la deposizione di molecole organiche su superfici metalliche. Il corso è suddiviso in due parti: i) una parte pratica in cui le superfici verranno preparate e caratterizzate su un sistema UHV e ii) una parte in cui la modellazione DFT sarà utilizzata per interpretare i risultati sperimentali. Prof. Sedona e Prof. Carlotto in compresenza ✔ Microscopia a scansione a effetto tunnel (STM) e Spettroscopia a effetto tunnel (TS): una breve panoramica dei principi operativi e degli aspetti tecnici. (2h) Prof. Sedona ✔ Pratica sperimentale: deposizione di molecole organiche su un substrato metallico in condizioni UHV e caratterizzazione STM. (3h max 4 studenti) Prof. Carlotto ✔ Collegamento tra calcoli periodici e misurazioni STM (1h) ✔ Descrizione di un file di input per calcoli periodici in QuantumEspresso (1h) ✔ Analisi delle strutture ottimizzate per le ftalocianine metalliche (ferro) su superfici metalliche prima e dopo il dosaggio di ossigeno: parametri geometrici, DOS e PDOS e densità di carica, simulazioni STM a differenti bias delle diverse strutture ottimizzate (1h)
Obiettivi di apprendimento	Conoscenza dei principi base di funzionamento della tecnica STM, Comprensione della differenza tra contrasto morfologico e contrasto elettronico, comprensione delle problematiche tecniche relative alle

	misure STM, sviluppo di una capacità critica che permetta di valutare l'attendibilità delle misure riportate in letteratura. Capacità di scrivere un input e comprendere un output in un programma che effettua calcoli periodici. Riuscire a calcolare le energie di assorbimento di molecole su superfici e di simulare le immagini STM.
Metodologie didattiche	Attività laboratoriale in cui gli studenti potranno effettuare operazioni di movimentazione nei sistemi UHV, depositare le molecole e fare le misure STM. Il tutto avverrà sotto la supervisione del Prof. Sedona che spiegherà passo passo il significato e le implicazioni delle diverse procedure sperimentali. Lezioni d'aula durante le quali verranno presentati e discussi parti di file di input e file output di programmi che effettuano calcoli periodici.
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No
Prerequisiti (non obbligatorio)	
Modalità d'esame (se previsto)	Test con risposte a scelta multipla
Materiale studio	Presentazioni power point e appunti
Informazioni aggiuntive	

Denominazione	XPS: Spettroscopia Fotoelettronica a Raggi X
SS	CHEM-03/A
Docente (se già definito)	Mattia Cattelan
Ore	8
CFU	1
Periodo di svolgimento	Gennaio 2026
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75 % presenza minima) ☐ No
Contenuti del corso	Questo corso offre un'introduzione completa alla Spettroscopia Fotoelettronica a Raggi X (XPS), una tecnica fondamentale per l'analisi chimica delle superfici. Gli studenti acquisiranno una comprensione della fisica alla base dell'effetto fotoelettrico e impareranno a estrarre informazioni composizionali e strutturali dall'analisi di uno spettro di fotoemissione a raggi X. Il corso copre la sensibilità superficiale, le scale energetiche (energia cinetica e di legame) e l'analisi dell'intensità dei picchi fotoelettronici. Include inoltre argomenti come spostamenti chimici, accoppiamento spin-orbita e spettroscopia Auger, con enfasi sull'applicazione pratica dell'XPS nella scienza dei materiali per indagare gli strati superficiali (<10 nm).
Obiettivi di apprendimento	Comprensione della fisica dietro l'effetto fotoelettrico Capacità di estrarre informazioni composizionali e strutturali dall'analisi di uno spettro di fotoemissione a raggi X
Metodologie didattiche	Lezioni frontali (4 ore), parte laboratoriale (4 ore)
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No l'insegnamento è aperto a tutti i dottorandi MST e Scienze Molecolari

Prerequisiti (non obbligatorio)	
Modalità d'esame (se previsto)	Test a risposta multipla su moodle del corso
Materiale studio	Slides del corso presenti sul moodle.
Informazioni aggiuntive	

Denominazione	Microfabbricazione e Microfluidica
SS	PHYS-03/A
Docente (se già definito)	Davide Ferraro
Ore	8 ore
CFU	1 CFU
Periodo di svolgimento	Giugno-Luglio 2026
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75% minima di presenza) ☐ No
Contenuti del corso	- Strategie di microfabbricazione, inclusi soft-lithography, photo-lithography, incisione, stampa 3D, micro-fresatura. - Concetti di microfluidica, inclusa la presentazione delle sue proprietà e applicazioni nei campi chimico e biologico. - Saranno prese in considerazione attività pratiche e una visita alle strutture del Dipartimento di Fisica e Astronomia.
Obiettivi di apprendimento	- Acquisire competenze nella microfabbricazione e nella microfluidica.
Metodologie didattiche	- Lezione frontali e attività pratiche.
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No
Prerequisiti (non obbligatorio)	
Modalità d'esame (se previsto)	- Quiz sul portale moodle, con valutazione.

Materiale studio	- Diapositive di lezione - Libro suggerito: Introduction to Microfluidics, Oxford University Press, 2010, Patrick Tabeling.
Informazioni aggiuntive	None

Denominazione	Analisi con fascio ionico nella scienza dei materiali
SS	PHYS-03/A
Docente (se già definito)	Francesco Sgarbossa (responsabile del corso, DFA-UNIPD) Enrico Di Russo (DFA-UNIPD)
Ore	8
CFU	1
Periodo di svolgimento	Luglio 2026
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75 % minima di presenza) ☐ No
Contenuti del corso	Gli argomenti del corso saranno: - Fondamenti sull'interazione ione-materia. ● Interazione con ioni nel range energetico del MeV: - interazione coulombiana tra ione e nucleo e la spettrometria di retrodiffusione Rutherford Backscattering - Interazioni non coulombiane e fenomeno del channeling - Setup sperimentali per analisi con fasci ionici ed esempi di applicazioni alla scienza dei materiali ● Interazione con ioni nel range energetico del KeV: -Spettrometria di Massa a Ioni secondari ed esempi di applicazioni in scienza dei materiali -Tomografia a sonda atomica e preparazione di campioni con fasci ionici focalizzati
Obiettivi di apprendimento	● Comprensione dei principi fisici alla base dell'interazione ione-materia e delle informazioni che possono essere ricavate da analisi con fasci ionici. ● Capacità di identificare la tecnica a fascio ionica più adatta per studiare le proprietà di un materiale di interesse
Metodologie didattiche	Il corso si dividerà in due sezioni: ● La prima parte sarà caratterizzata da lezioni teoriche che andranno a definire le basi dell'interazione ione materia.

	• Nella seconda parte del corso saranno svolte delle lezioni pratiche in laboratorio al fine di familiarizzarsi con i setup sperimentali. A questo scopo, sarà programmata una visita e delle sessioni di misura presso le facility di analisi con fasci ionici presso i Laboratori Nazionali di Legnaro o al laboratorio SIMS presso il dipartimento di fisica e astronomia Durante il corso ci saranno dei momenti di riflessione su dei “case studies” di particolare interesse nella scienza dei materiali e delle discussioni di gruppo in aula saranno stimolate.
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No
Prerequisiti (non obbligatorio)	Conoscenze di Fisica Generale 2, struttura dei solidi e/o fisica dello stato solido. Queste conoscenze sono in genere garantite dalle lauree magistrali in Material Science, Physics e Materials Engineering.
Modalità d'esame (se previsto)	Un test finale sarà svolto online utilizzando la piattaforma Moodle.
Materiale studio	Durante il corso saranno fornite le slide proiettate in aula e delle dispense per lo studio e l’approfondimento. Libro opzionale: L.C. Feldman, J.W. Mayer, Fundamentals of Surface and Thin Film Analysis. New York: North-Holland: --, 1986.
Informazioni aggiuntive	

Denominazione	Dispositivi elettrochimici per la conversione e lo stoccaggio dell'energia: riutilizzo e riciclo dei CRM
SS	CHEM-06/A
Docente (se già definito)	Vito Di Noto Gioele Pagot Begum Yarar Kaplan
Ore	8
CFU	1
Periodo di svolgimento	Settembre 2026
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75 % minima di presenza) ☐ No
Contenuti del corso	Si spiegherà l'importanza del riciclaggio delle batterie secondarie in funzione del tipo, del costo delle materie prime e dei sistemi di riciclaggio. Verranno mostrati i vari processi di recupero dei separatori, del collettore di corrente, del carbone, degli ionomeri polimerici e dei metalli, evidenziando le differenti utilità. Si descriveranno inoltre i diversi tipi di pretrattamento meccanici e chimici, la separazione dei componenti mediante setacciatura, l'utilizzo dei campi magnetici ed elettrici, i trattamenti termici, di flottazione e chimici. Infine, si descriveranno i processi idrotermali e chimici. Verranno illustrate anche le prospettive future.
Obiettivi di apprendimento	Principi della tecnologia di estrazione del litio Principi del riciclaggio delle batterie Metodi di recupero dei materiali strategici (carbone, separatori, ionomeri, litio, cobalto, ecc.)
Metodologie didattiche	Lezione frontale, discussione sui meccanismi di riciclaggio delle batterie secondarie al litio, laboratorio
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No

Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No
Prerequisiti (non obbligatorio)	Nessuno
Modalità d'esame (se previsto)	Discussione
Materiale studio	Articoli di approfondimento
Informazioni aggiuntive	

Denominazione	Applicazioni della spettroscopia vibrazionale per la caratterizzazione dei materiali
SS	CHEM-06/A
Docente (se già definito)	Stefano Rossetti / Enrico Negro
Ore	8 ore
CFU	1
Periodo di svolgimento	Secondo semestre
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ Da remoto ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75% presenza minima) ☐ No
Contenuti del corso	***Introduzione*** ● *Fondamenti della spettroscopia infrarossa;* ● *Fondamenti della spettroscopia Raman.* ***Tecniche e strumentazioni per la spettroscopia vibrazionale*** ● *Spettroscopie infrarosse: MIR, FIR, FT-MIR, FT-FIR;* ● *Spettroscopie Raman: FT-Raman, micro-Raman confocale;* ● *Principali accessori e approcci sperimentali per la caratterizzazione dei materiali.* ***Preparazione dei campioni e acquisizione degli spettri*** ***Interpretazione dei risultati sperimentali*** ● *Elaborazione degli spettri vibrazionali;* ● *Analisi qualitativa e quantitativa degli spettri vibrazionali;* ● *Casi studio: analisi vibrazionale di macromolecole e grafene.*
Obiettivi di apprendimento	Fornire un'introduzione alle applicazioni dei diversi tipi di spettroscopie vibrazionali nella caratterizzazione dei materiali.
Metodologie didattiche	Lezioni frontali ed esperienze di laboratorio
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di	☒ Sì ☐ No

dottorandi di altri corsi	
Prerequisiti (non obbligatorio)	nessuno
Modalità d'esame (se previsto)	Redazione di un report scientifico
Materiale studio	• K. Nakamoto, *"Infrared Spectra of Inorganic and Coordination Compounds"*, John Wiley and Sons (1963). • J. G. Grasselli, B. J. Bulkin, eds., "Analytical Raman Spectroscopy", John Wiley and Sons (1991).
Informazioni aggiuntive	

Denominazione	**Principles and Applications of Rheology**
Docente	Matteo Pierno
Ore	8
CFU	1
Periodo di svolgimento	Novembre-dicembre 2025
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75% minima di presenza) ☐ No
Contenuti del corso	Relazioni costitutive. Solidi elastici. Liquidi viscosi. Viscoelasticità. Elementi di reometria. Principi di funzionamento dei reometri. Flussi di trascinamento e a gradiente di pressione. Reologia alle superfici e interfacce. Celle di taglio. Metodi ottici nella reometria. Reometri acustici e NMR. Flusso, scivolamento e soglia di snervamento. Applicazioni. Reologia delle emulsioni. Polimeri, Gel, Tensioattivi e particolati in sospensione.
Obiettivi di apprendimento	Imparare i principi della reologia e riconoscerne il ruolo in diversi ambiti della scienza dei materiali. Conoscere le metodologie e le applicazioni più aggiornate
Metodologie didattiche	Lezioni frontali (4 ore). Esercitazioni e demo in Laboratorio (4 ore).
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No
Prerequisiti (non obbligatorio)	Laurea magistrale in discipline STEM
Modalità d'esame (se previsto)	Consegne a casa + Presentazione e discussione di un progetto

UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PADOVA

MATERIALS SCIENCE AND TECHNOLOGY

Materiale studio	Ronald G. Larson, 'The Structure and Rheology of Complex Fluids', Oxford University Press Christopher W. Macosko, 'Rheology: Principles, Measurements, and Applications' Wiley-VCH
Informazioni aggiuntive	

Denominazione	**Applications of inductively-coupled plasma spectrometry in materials characterization**
SS	CHEM-06/A
Docente	Begum Yarar Kaplan / Enrico Negro
Ore	8 ore
CFU	1
Periodo di svolgimento	Secondo semestre
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ Remoto ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Si (75% presenza minima) ☐ No
Contenuti del corso	Introduzione • Rilevanza della spettrometria al plasma accoppiato induttivamente (ICP) nella scienza dei materiali; • Punti di forza e limiti della tecnica. Principi fondamentali dei plasmi accoppiati induttivamente • Generazione del plasma; • Intensità delle linee spettrali; • Profili delle linee spettrali; • Diagnostica multilinea. Concetti di base e strumenti per la spettrometria al plasma • Limiti di rilevazione e sensibilità; • Accuratezza e precisione; • Panoramica strumentale. Preparazione e analisi dei campioni • Approcci per la dissoluzione dei campioni; • Studi di caso: determinazione della composizione chimica di campioni solidi.
Obiettivi di apprendimento	Fornire un'introduzione ai principi fondamentali della spettrometria al plasma accoppiato induttivamente e alle sue applicazioni nella determinazione della composizione chimica dei materiali.
Metodologie didattiche	Lezioni frontali ed esperienze di laboratorio
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No

Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No
Prerequisiti (non obbligatorio)	Nessuno
Modalità d'esame (se previsto)	Redazione di un report scientifico
Materiale studio	• Steve J. Hill, ed. *"Inductively Coupled Plasma Spectrometry and it Applications"*, 2nd Edition, Blackwell Publishing (2006)
Informazioni aggiuntive	

Denominazione	**Basic Concepts of Machine Learning**
SS	PHYS-06/A
Docente (se già definito)	Marco Baiesi
Ore	16
CFU	2
Periodo di svolgimento	Da definirsi
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (75% minima di presenza) ☐ No
Contenuti del corso	Questo corso introduce gli studenti agli strumenti moderni per la classificazione dei dati e alle tecniche di machine learning, fornendo loro le competenze necessarie per applicare questi metodi in esperienze di laboratorio basate su computer. Il programma del corso comprende: ● **Machine learning**: terminologia e concetti fondamentali ● **Deep learning**: terminologia e concetti fondamentali ● **Eterogeneità dei dati** ● **Reti neurali convoluzionali** ● **Clustering** ● **Visualizzazione dei dati** ● **Combinazione di modelli e XGBoost**
Obiettivi di apprendimento	Alla fine del corso, gli studenti saranno in grado di: 1. Definire e distinguere tra i diversi metodi di machine learning trattati. 2. Selezionare e applicare il metodo più adatto a un determinato problema. 3. Identificare e analizzare gli aspetti chiave di ogni procedura, combinando diversi metodi per migliorare le soluzioni. 4. Valutare i risultati ottenuti, motivando e giustificando le scelte metodologiche adottate.
Metodologie didattiche	Il corso si concentra sull'apprendimento dei principi fondamentali attraverso applicazioni pratiche. Le spiegazioni teoriche delle principali tecniche di analisi dei dati e degli algoritmi sono seguite da esercizi pratici, nei quali gli studenti applicano i concetti acquisiti utilizzando strumenti informatici. Le attività di analisi numerica prevedono

	l'adattamento e la modifica di software preesistenti o la progettazione di semplici algoritmi da zero.
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No
Prerequisiti (non obbligatorio)	Conoscenza di base del linguaggio di programmazione python
Modalità d'esame (se previsto)	Valutazione degli esercizi e colloquio sui metodi applicati o su un progetto sviluppato
Materiale studio	Review: “A high-bias, low-variance introduction to Machine Learning for physicists” by Mehta et al., Physics Reports, 810, 1-124 (2019).
Informazioni aggiuntive	

Denominazione	An introduction to Python for chemical sciences: from fundamentals to data and HPC
SS	CHEM-02/A
Docente (se già definito)	Nicola Spallanzani (CNR Institute of Nanoscience, Modena)
Ore	24
CFU	3
Periodo di svolgimento	Settembre 2026
Modalità di erogazione	☒ In presenza ☐ A distanza ☐ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (85% presenza minima) ☐ No
Contenuti del corso	Il corso, intervallato da esercitazioni pratiche, è un'introduzione all'uso del linguaggio Python, che non richiede conoscenze pregresse di programmazione. Verrà illustrato l'utilizzo di alcune librerie scientifiche di Python (es. numpy, matplotlib).
Obiettivi di apprendimento	Conoscenze: basi del linguaggio Python e delle principali librerie scientifiche. Abilità: scrittura di script Python/Notebook Jupyter utili per l'attività di ricerca. Competenze: utilizzo e progettazione di strumenti in Python per migliorare l'attività di ricerca.
Metodologie didattiche	Lezioni frontali con esercizi di programmazione
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No Studenti esterni a MST ammessi previa valutazione del CV da parte del docente, a condizione che non sia stato raggiunto il numero massimo di partecipanti consentito (30).
Prerequisiti (non obbligatorio)	

Modalità d'esame (se previsto)	Progetto di coding assegnato dal docente
Materiale studio	Diapositive di lezione e Jupyter notebooks forniti dal docente
Informazioni aggiuntive	Massimo numero di partecipanti: 30 L'uso del proprio laptop è incoraggiato

Denominazione	*Information Literacy for Materials Scientists*
Docente (se già definito)	Dr. Filippo Vomiero, Marina Zannoni, Michela Zorzi
SSD	
Ore	12
CFU	1.5
Periodo di svolgimento	Al 1° anno nel periodo di febbraio
Modalità di erogazione	☐ In presenza ☐ A distanza ☒ Duale
Lingua di erogazione	Inglese
Obbligo presenza	☒ Sì (70 % minima di presenza) ☐ No
Contenuti del corso	Banche dati citazionali e banche dati bibliografiche Ricerca per argomento: costruzione di una stringa di ricerca e filtri La pubblicazione di un articolo scientifico: ● La scelta della rivista (panorama STEM, indicatori bibliometrici) ● Il processo di peer review ● Facilitazioni per gli autori I repository istituzionali: PRA-Iris e Research Data Unipd Il diritto d'autore Zotero AdisInsight
Obiettivi di apprendimento	Autonomia nella ricerca bibliografica con utilizzo dei principali database di ricerca bibliografica Conoscenza del processo di pubblicazione in una rivista scientifica Principi dell'Open Science, pratiche e strumenti in uso in ateneo
Metodologie didattiche	Lezioni frontali; esercitazioni, strumenti di didattica innovativa per l'interazione in aula, allo scopo di: • insegnare in modo interattivo

	• utilizzare il critical incident • promuovere feedback efficaci • stabilire relazioni autentiche in aula • sviluppare relazioni collaborative e di supporto tra pari
Corso su competenze trasversali, interdisciplinari, transdisciplinari	☒ Sì ☐ No
Possibile partecipazione di dottorandi di altri corsi	☒ Sì ☐ No L'insegnamento è aperto ai soli dottorandi dei seguenti corsi: Scienze Molecolari, Materials Science and Technology e Scienze Farmacologiche
Prerequisiti (non obbligatorio)	
Modalità d'esame (se previsto)	Non previsto.
Materiale studio	Moodle del corso, dispense dei moduli
Informazioni aggiuntive	Corso soft skills