



POLITECNICO
MILANO 1863

SCUOLA DI INGEGNERIA
INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE

Ingegneria Fisica

Modifiche Manifesto degli Studi

26 Febbraio, 3 Marzo 2021

www.ccs-fisica.polimi.it

Manifesto degli studi - LT



POLITECNICO
MILANO 1863

Variazioni manifesto del terzo anno LT

Situazione attuale:

- Nessun pozzetto di corsi a scelta
- Piani degli studi disponibili:
 - F1A – Ingegneria fisica (anni attivi: 1°, 2°)
 - F1L – Laboratorio progettuale (anni attivi: 3°)
 - F1N – Propedeutico Ingegneria Nucleare (anni attivi: 3°)
 - FFT – Informazione con tirocinio (anni attivi: 3°)
 - FDT – Industriale con tirocinio (anni attivi: 3°)

Motivazioni principali:

- Creare pozzetti con un minimo di 10 CFU a scelta, come richiesto dalla legge
- Semplificare la struttura dei percorsi formativi
- Favorire la possibilità di accedere a LM non in continuità

Manifesto degli studi - LT



POLITECNICO
MILANO 1863

Variazioni manifesto del terzo anno LT

Nuovo manifesto:

- Due pozzetti di corsi a scelta
- Piani degli studi disponibili:
 - F1A – Ingegneria fisica (anni attivi: 1°, 2°)
 - F1P – Propedeutico (anni attivi: 3°)
 - F1T – Applicativo (anni attivi: 3°)

3° anno - attuale



POLITECNICO
MILANO 1863

Laboratorio Progettuale

Esame n.	Nome Insegnamento	Semestre	CFU	
1	FONDAMENTI DI ELETTRONICA (PER ING. FISICA)	1	10	
2	SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI	1	10	
3	OTTICA FISICA E TECNOLOGIE OTTICHE [C.I.]	1	10	
4	STRUTTURA DELLA MATERIA: PRINCIPI E APPLICAZIONI	2	10	
5	PRINCIPI E APPLICAZIONI DEI LASER	2	10	
6	INTERAZIONE LUCE-MATERIA	2	5	
7	METODI SPERIMENTALI PER LA FISICA	2	2	5
	INTRODUZIONE ALLA RICERCA SPERIMENTALE E PROVA FINALE	2	3	

Propedeutico a Ingegneria Nucleare

Esame n.	Nome Insegnamento	Semestre	CFU	
1	FONDAMENTI DI ELETTRONICA (PER ING. FISICA)	1	10	
2	SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI	1	10	
3	OTTICA FISICA	1	5	
4	MECCANICA DEI SOLIDI	1	5	
5	STRUTTURA DELLA MATERIA: PRINCIPI E APPLICAZIONI	2	10	
6	PRINCIPI DEI LASER	2	5	
7	FISICA DEL NUCLEO, LAB. DI FISICA DEL NUCLEO [C.I.]	2	10	
8	METODI SPERIMENTALI PER LA FISICA	2	2	5
	INTRODUZIONE ALLA RICERCA SPERIMENTALE E PROVA FINALE	2	3	

Manifesto degli studi - LT



POLITECNICO
MILANO 1863

Terzo anno: F1P – Propedeutico

Codice	SSD	Insegnamento	Sem	CFU	CFU Gruppo
081079	ING-INF/01	Fondamenti di Elettronica (per Ing. Fisica)	1	10	10
060116	ING-IND/22	Scienza e tecnologia dei materiali	1	10	10
085913	FIS/01 FIS/03	Ottica fisica e Tecnologie ottiche ⁽¹⁾	1	10	10
079729	FIS/01	Ottica fisica ⁽¹⁾	1	5	
089494	ICAR/08	Meccanica dei solidi ⁽²⁾	1	5	
055559	FIS/01	Advanced Micro and Nanofabrication Technologies	1	5	
054861	FIS/01	Electron and Scanning Probe Microscopy	1	5	
051199	FIS/01 FIS/03	Struttura della materia: principi e applicazioni	2	10	10
083564	FIS/03	Principi e applicazioni dei LASER ⁽¹⁾ ⁽³⁾	2	10	15
061392	FIS/03	Principi dei LASER ⁽¹⁾	2	5	
097503	FIS/01	Interazione luce-materia	2	5	
094893	ING-IND/20	Fisica del nucleo	2	5	
094960	ING-IND/20	Fisica del nucleo + Laboratorio di fisica del nucleo ⁽²⁾	2	10	
099289	FIS/01	Computer-assisted Optical System Design	2	5	
078047	MAT/05 MAT/08	Metodi Analitici e Numerici delle E.D.P.	2	10	5
052539	FIS/01	Metodi sperimentali per la Fisica	2	2	
052538	--	Introduzione alla ricerca sperimentale e prova finale	1/2	3	

- (1) È obbligatorio scegliere uno dei due insegnamenti
 (2) Consigliato per la LM di Nuclear Engineering
 (3) Consigliato per la LM di Engineering Physics

Manifesto degli studi - LT



POLITECNICO
MILANO 1863

Terzo anno: F1T – Applicativo

Codice	SSD	Insegnamento	Sem	CFU	CFU Gruppo
081079	ING-INF/01	Fondamenti di Elettronica (per Ing. Fisica)	1	10	10
060116	ING-IND/22	Scienza e tecnologia dei materiali	1	10	10
085913	FIS/01 FIS/03	Ottica fisica e Tecnologie ottiche ⁽¹⁾	1	10	10
079729	FIS/01	Ottica fisica ⁽¹⁾	1	5	
055559	FIS/01	Advanced Micro and Nanofabrication Technologies	1	5	
054861	FIS/01	Electron and Scanning Probe Microscopy	1	5	
051199	FIS/01 FIS/03	Struttura della materia: principi e applicazioni ⁽²⁾	2	10	10
083564	FIS/03	Principi e applicazioni dei LASER ⁽³⁾	2	10	5
097503	FIS/01	Interazione luce-materia	2	5	
099289	FIS/01	Computer-assisted Optical System Design	2	5	
085919	--	Tirocinio	1/2	12	12
086372	--	Prova finale	1/2	3	3

⁽¹⁾ È obbligatorio scegliere uno dei due insegnamenti

⁽²⁾ La scelta di questo insegnamento comporta che il titolo di Laurea apparterrà alla classe L-9 delle Lauree in ingegneria Industriale.

⁽³⁾ La scelta di questo insegnamento comporta che il titolo di Laurea apparterrà alla classe L-8 delle Lauree in ingegneria dell'Informazione.



Obiettivi per Ingegneria Fisica

- ① Potenziamento delle attività laboratoriali, sia di tipo **sperimentale** che **informatico**
- ② **Azione rivolta alla totalità degli studenti** e si propone di consolidare alcune competenze di rilevanza strategica per la formazione dell'Ingegnere Fisico
 - (i) capacità di **simulare problemi fisici realistici** attraverso l'impiego di strumenti di calcolo numerico specializzati
 - (ii) sviluppo di una **sensibilità sperimentale** evoluta attraverso un'esperienza sul campo nell'utilizzo di apparati di misura complessi
- ③ Intervento focalizzato sulla LM, ma prevede anche un potenziamento delle attività laboratoriali propedeutiche al 3° anno della LT

Progetto didattica laboratoriale



POLITECNICO
MILANO 1863

a.a. 2020/21

- ✳ ***Advanced micro- and nanofabrication technologies*** (5 CFU) Sem. 1
Potenziamento del **lab. sperimentale** (da 2 h di visita del precedente a.a. a 10 h)
- ✳ ***Electron and scanning probe microscopy*** (5 CFU) Sem. 1
Introduzione di un **lab. informatico** (6 h) e di un **lab. sperimentale** (4 h)
- ✳ ***Computer-assisted optical system design*** (5 CFU) Sem. 2
Potenziamento **lab. informatico** (30 h)
- ✳ ***Nanomagnetism and spintronics*** (5 CFU) Sem. 1
Introduzione di un **lab. informatico** (6 h) e di un **lab. sperimentale** (4 h)
- ✳ ***Micro-optics*** (5 CFU) Sem. 2
Introduzione di un **lab. sperimentale** (8 h)

Advanced micro- and nanofabrication technologies



POLITECNICO
MILANO 1863

Obiettivo: fabbricazione e test di un **sensore planare a effetto Hall** per la misura di campi magnetici

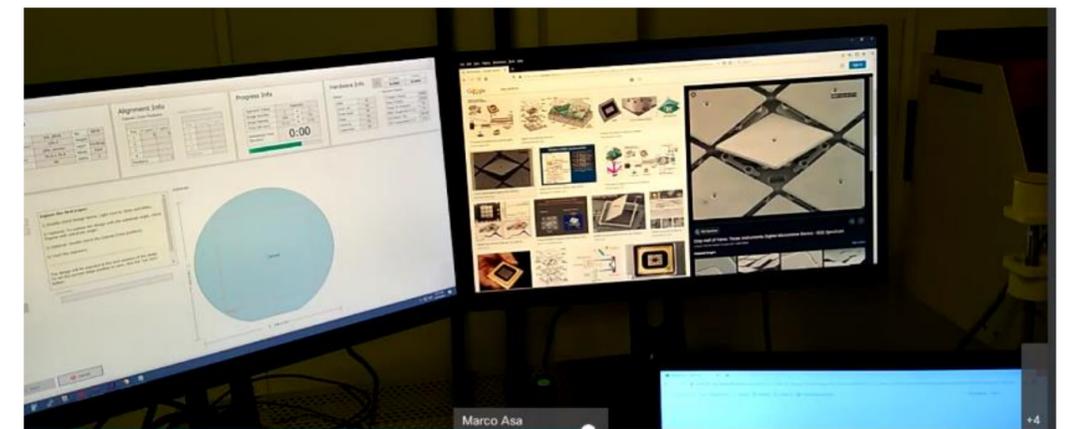
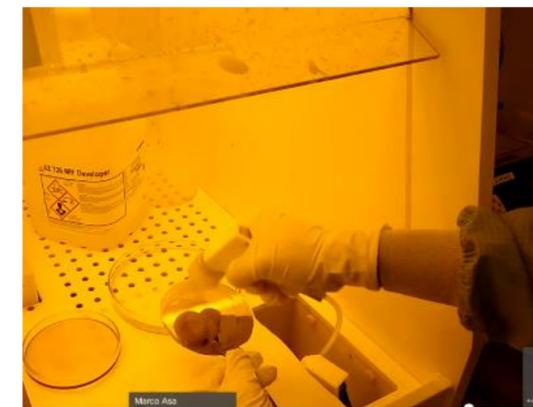
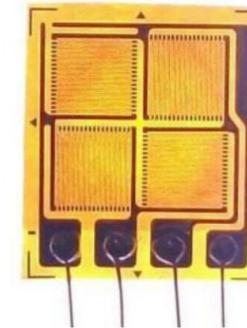
Laboratorio sperimentale: **Cleanroom@PoliFab** con partecipazione diretta degli studenti nel processo di fabbricazione e test finale

A causa delle restrizioni Covid, il processo è stato eseguito dal tutor in cleanroom e ripreso in tempo reale, in contatto live con gli studenti tramite Webex.

Impegno temporale: 10 h

Schema del laboratorio:

- ❁ **Introduzione al sensore di Hall e al processo di fabbricazione:** progettazione, definizione delle operazioni necessarie, realizzazione, validazione finale (1 h)
- ❁ **Visita alla cleanroom:** visita generale alla cleanroom, descrizione delle modalità di uso, funzionamento e accesso, presentazione generale della strumentazione disponibile e particolare delle macchine che verranno utilizzate nel seguito (1 h)
- ❁ **Deposizione dei materiali:** film sottili di NiFe e CrAu tramite Plasma Vapor Deposition (2 h)
- ❁ **Fabbricazione del sensore tramite litografia ottica:** spinner, mask aligner, etching chimico, ion milling (2 h)
- ❁ **Prototipazione del sensore e test di funzionamento:** misure di effetto Hall sul sensore tramite sistema di misure a 4 punte e integrazione in un chip (2 h)



Laboratorio di simulazione:

✳ Introduzione alle simulazioni di interazione dei fasci elettronici con la materia:

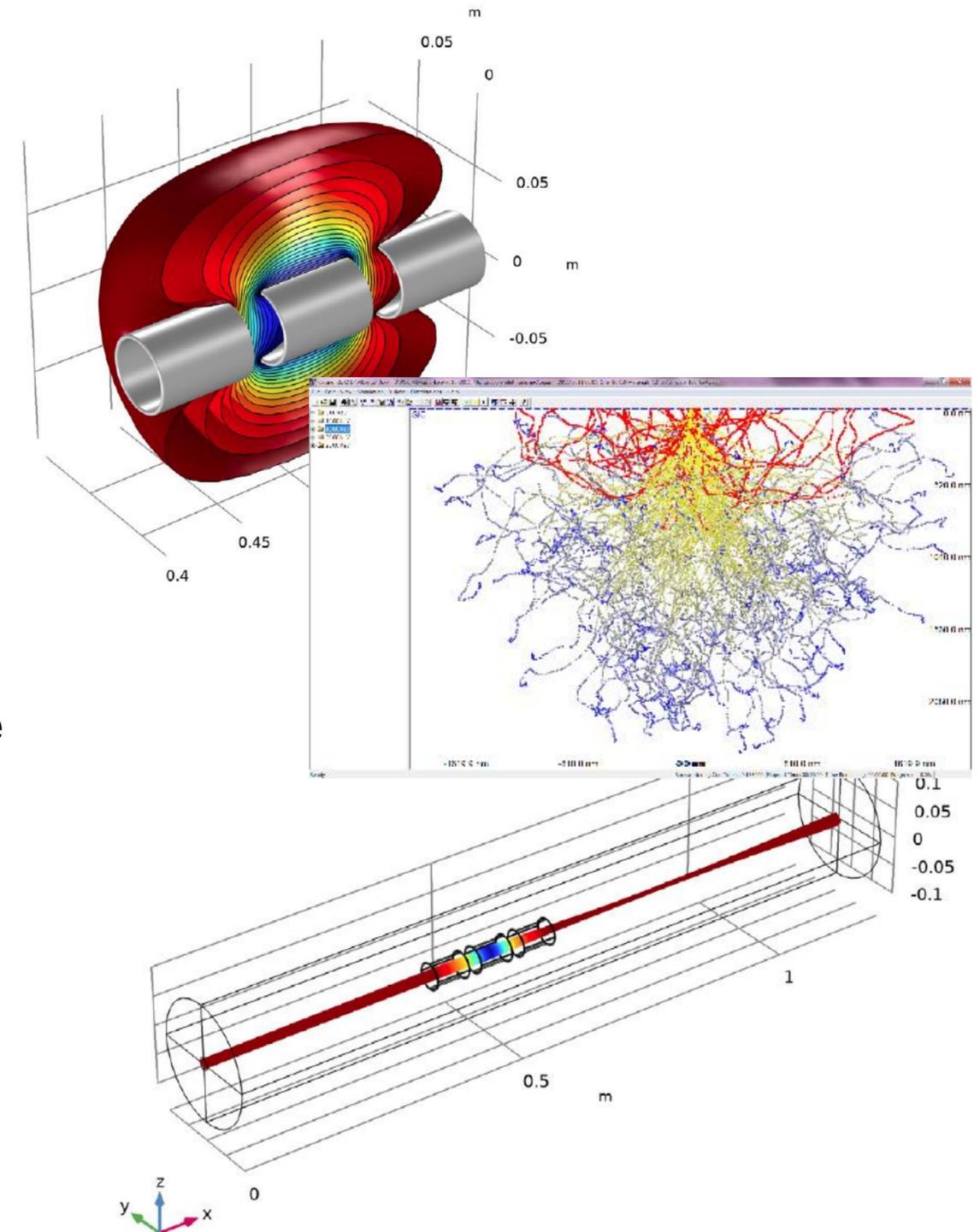
viene introdotta la simulazione numerica nell'ambiente Monte Carlo Simulation of electron trajectory in sOlid (CASINO, accesso libero) e mostrati alcuni esempi di applicazione per sistemi solidi amorfi uniformi e eterogenei. Agli studenti sono proposti alcuni casi da sviluppare autonomamente

✳ Introduzione alle simulazioni di ottica elettronica a raggi:

viene introdotto l'ambiente di simulazione Comsol e il modulo «Ray tracing». Viene condotta una simulazione interattiva su ottiche di base (lente di Einzel o lente magnetostatica: calcolo delle distribuzioni di campo, ray tracing, determinazione dei parametri significativi e aberrazioni) e proposte variazioni sul tema che gli studenti possono sviluppare in autonomia e discutere facoltativamente all'esame

Impegno temporale: 6 ore

Contour: Electric potential (V) Isosurface: Electric potential (V) Surface: 1 (1)



Electron and scanning probe microscopy



POLITECNICO
MILANO 1863

Laboratori sperimentali:

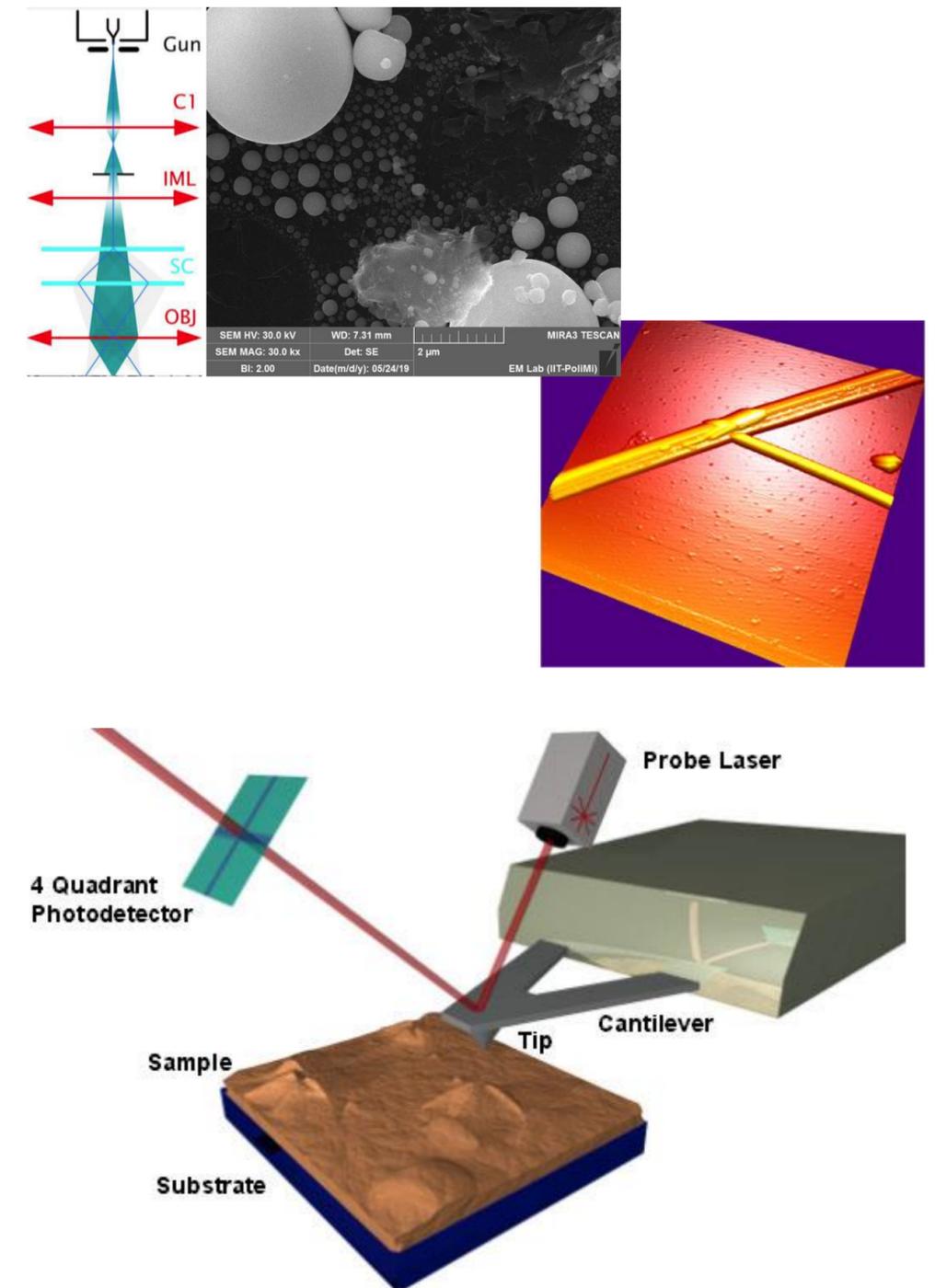
✿ Scanning Auger Electron Microscopy:

gli studenti vengono guidati alla presa di immagine tramite microscopio a scansione elettronica (SEM) (regolazione della sorgente elettronica e della colonna ottica, presa di immagine a differenti distanze di lavoro, contrasto da rivelazione di elettroni secondari, corrente assorbita e elettroni retrodiffusi) e analisi spettro-microscopica tramite rivelazione di elettroni Auger.

✿ Scanning Probe Microscopy:

gli studenti vengono guidati alla presa di immagini tramite microscopie a sonda ad effetto tunnel (STM) e a forza atomica (AFM). In particolare, viene effettuato l'approccio della sonda di scansione in modalità statica a contatto e dinamica tramite modulazione di ampiezza.

Impegno temporale: 4+4 ore



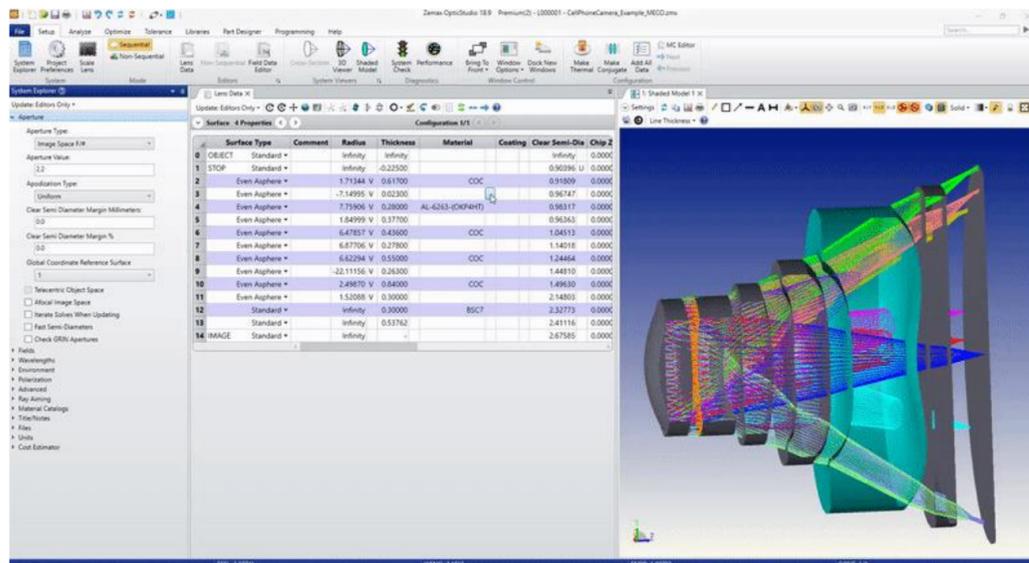
Computer assisted optical system design



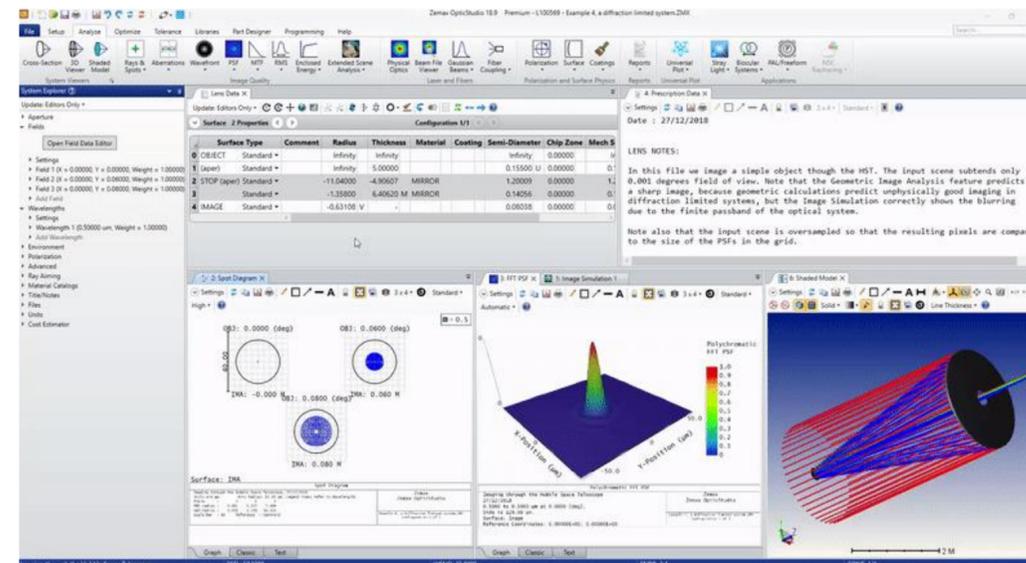
POLITECNICO
MILANO 1863

- Il laboratorio sfrutta il pacchetto Zemax OpticStudio^(R) sfruttando il *Global Academic Program* che permette agli studenti dei corsi di *optical design* di installare gratuitamente una copia completa del *software*.
- Lo studente non solo utilizza il simulatore come ausilio allo studio della teoria, ma impara ad usarlo come strumento di design apprendendo le basi per poter effettuare il *set-up*, l'analisi e l'ottimizzazione di un sistema ottico mediante l'impiego di un calcolatore.
- 30 ore del corso vengono svolte con l'impiego del calcolatore e del *software* di simulazione ottica, di queste più di due terzi sono dedicate all'analisi di **casi reali** così che lo studente possa confrontarsi con le problematiche di progettazione ottica.

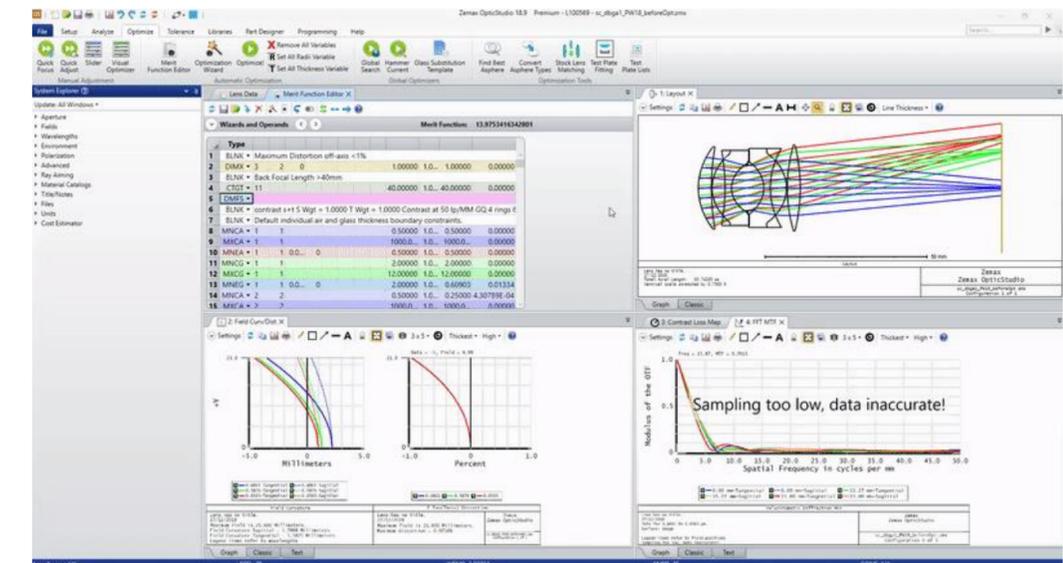
Set-up



Analisi



Ottimizzazione





Laboratorio di simulazioni:

- ❁ Apprendimento e utilizzo di un software per la simulazione micromagnetica (Object Oriented MicroMagnetic Framework, OOMMF) di micro e nanostrutture trattate nel corso. 3 lezioni

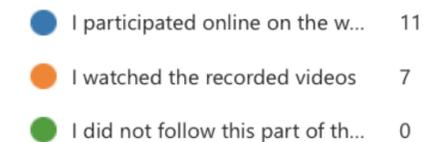
Follow-up: progetto che può sostituire la prova scritta

Opinione degli studenti

- ❁ **Criticità rilevate**
 - Numero di ore limitato per una spiegazione esaustiva del software
 - Richiesta di sessioni maggiormente interattive con svolgimento guidato di esercizi da parte degli studenti

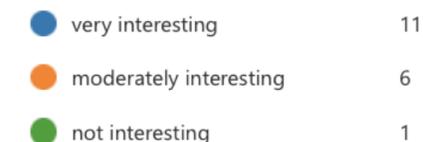
1. How did you attend the lectures on the micromagnetic simulator OOMMF?

[Altri dettagli](#)



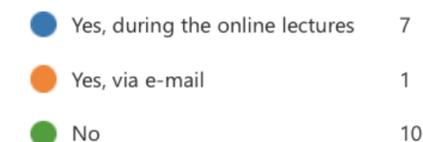
2. What's your opinion on this informatics laboratory on OOMMF?

[Altri dettagli](#)



3. Did you interact with the tutor for the OOMMF laboratory?

[Altri dettagli](#)





Laboratorio sperimentale:

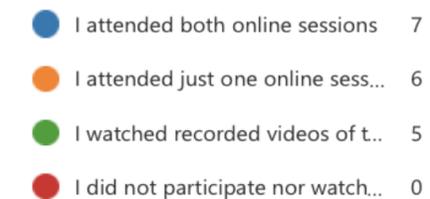
- ✳ 2 esperimenti di magnetometria mediante Vibrating Sample Magnetometer e micro-MOKE, oltre che di magnetoresistenza. Misure su dispositivi spintronici.
- ✳ Acquisito materiale (micromanipolatori e microscopio con camera USB) per il montaggio di una stazione indipendente per misure di magnetoresistenza
- ✳ Per quest'anno le sessioni sono state trasmesse in streaming, impiegando Teamviewer per mostrare agli studenti le schermate di controllo della strumentazione utilizzata

Opinione degli studenti

- ✳ **Criticità rilevate**
 - Difficoltà a seguire lo svolgimento degli esperimenti a causa della non ottimale ripresa degli stessi
 - Comprensione delle difficoltà oggettive ma chiara preferenza per laboratorio attivo in presenza

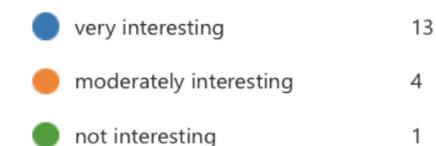
5. How did you participate in the remote laboratory sessions?

[Altri dettagli](#)



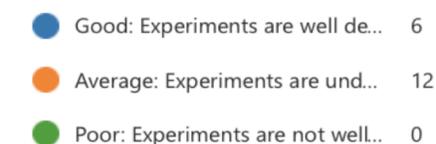
6. What's your opinion on experimental laboratories

[Altri dettagli](#)



7. How do you evaluate the quality of remote experimental sessions?

[Altri dettagli](#)





Laboratorio sperimentale:

Ottica dei fasci gaussiani: misura del profilo di intensità trasversale di un fascio laser (oscillatore ad Erblio) a diverse distanze dalla sorgente

Accoppiamento in fibra ottica: in funzione delle proprietà spaziali del fascio laser verranno scelte ed installate ottiche adatte per accoppiarlo con elevata efficienza in una fibra ottica standard per TLC, a singolo modo ad una lunghezza d'onda di $1.55 \mu\text{m}$. Si procederà poi all'accoppiamento in fibra attraverso un opportuno set di traslatori meccanici.

Caratterizzazione spettrale e temporale degli impulsi laser (0.1-1 ps): La misura con autocorrelatore permetterà agli studenti di familiarizzare con l'uso di un oscilloscopio per la visualizzazione, la calibrazione ed il salvataggio dell'autocorrelazione.

Stima della dispersione della fibra ottica

Attività informatica di supporto: sviluppo di programmi di analisi dei risultati delle misure

Impegno temporale: 8 ore

Prossime iniziative



POLITECNICO
MILANO 1863

Round table: 3 maggio 2021 Alumni – Career Service

Passion in Action: "Conservation Science"

Dr. Austin Nevin: Reader and Head of Conservation at
The Courtauld Institute of Art (London, UK)

www.ccs-fisica.polimi.it



POLITECNICO
MILANO 1863