

<b>Università</b>	Università degli Studi di MILANO
<b>Classe</b>	LM-8 R - Biotecnologie industriali
<b>Nome del corso in italiano</b>	Biologia quantitativa <i>modifica di: Biologia quantitativa (1409989)</i>
<b>Nome del corso in inglese</b>	Quantitative biology
<b>Lingua in cui si tiene il corso</b>	inglese
<b>Codice interno all'ateneo del corso</b>	FBT-0
<b>Data di approvazione della struttura didattica</b>	21/11/2024
<b>Data di approvazione del senato accademico/consiglio di amministrazione</b>	10/12/2024
<b>Data della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni</b>	07/06/2019 - 08/03/2024
<b>Data del parere favorevole del Comitato regionale di Coordinamento</b>	29/11/2019
<b>Modalità di svolgimento</b>	a. Corso di studio convenzionale
<b>Eventuale indirizzo internet del corso di laurea</b>	<a href="https://qbio.cdl.unimi.it/en">https://qbio.cdl.unimi.it/en</a>
<b>Dipartimento di riferimento ai fini amministrativi</b>	Bioscienze
<b>Altri dipartimenti</b>	Chimica
<b>EX facoltà di riferimento ai fini amministrativi</b>	
<b>Massimo numero di crediti riconoscibili</b>	24 - max 24 CFU, da DM 931 del 4 luglio 2024
<b>Corsi della medesima classe</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bioinformatics for Computational Genomics</li> <li>Molecular biotechnology and Bioinformatics - Biotecnologie molecolari e bioinformatica</li> </ul>

### **Obiettivi formativi qualificanti della classe: LM-8 R Biotecnologie industriali**

#### **a) Obiettivi culturali della classe**

I corsi della classe hanno l'obiettivo di formare laureate e laureati specialisti nel campo delle biotecnologie industriali, con approfondite conoscenze interdisciplinari e in grado di inserirsi nel mondo del lavoro in posizioni di responsabilità. In particolare le laureate e i laureati nei corsi della classe devono: - avere padronanza del metodo scientifico sperimentale applicato a sistemi biologici;

- possedere una profonda conoscenza delle basi molecolari e cellulari dei sistemi biologici, ed essere capaci di usare tali conoscenze per lo sviluppo e il miglioramento di processi biotecnologici con un approccio interdisciplinare;
- possedere solide conoscenze sugli aspetti chimici, strutturali e funzionali delle macromolecole biologiche e dei processi cellulari nei quali esse intervengono;
- possedere conoscenze di chimica, fisica e competenze computazionali e matematico-statistiche per la comprensione e la modellazione dei sistemi cellulari e molecolari e delle loro applicazioni;
- possedere un'avanzata conoscenza di strumenti e tecniche analitiche tradizionali e biotecnologiche e della loro applicazione;
- avere padronanza delle metodologie bio-informatiche anche ai fini dell'organizzazione, costruzione e accesso a banche dati di genomica, proteomica e metabolomica;
- possedere conoscenze sulla produzione mediante processi biotecnologici di piccole molecole, proteine e altre macromolecole (ad esempio: enzimi, proteine ricombinanti, metaboliti, acidi nucleici, vaccini) e sulle relative tecniche di purificazione, analisi e validazione;
- avere conoscenze dei sistemi biologici complessi e capacità di sviluppare modelli descrittivi e predittivi dei relativi fenomeni chimici, fisici, chimico-fisici e biologici al fine di progettare, condurre e migliorare processi di produzione e servizi;
- possedere le conoscenze teoriche e operative sulle piattaforme tecnologiche specifiche delle biotecnologie per ideare, progettare e gestire processi industriali di natura biotecnologica per la produzione di molecole, materiali ed energia;
- avere conoscenza degli aspetti fondamentali dei processi operativi che seguono la produzione industriale di prodotti biotecnologici, inclusi la loro formulazione, lo smaltimento e l'eventuale riciclo o riutilizzo;
- conoscere gli effetti dei prodotti e dei processi biotecnologici sull'ambiente, saperne prevenire gli effetti nocivi nonché saper progettare e gestire processi di risanamento ambientale mediante approcci biotecnologici;
- saper gestire l'integrazione dei processi della bioindustria con altri processi produttivi nell'ottica dell'economia circolare e sostenibilità industriale e ambientale incluso lo sviluppo di approcci biotecnologici per la riconversione di fonti carboniose e chiusura del ciclo del carbonio;
- avere adeguate conoscenze nelle culture di contesto, con particolare riferimento ai temi della bioetica, della certificazione di prodotti e processi biotecnologici, della sicurezza nel settore biotecnologico, della valorizzazione della proprietà intellettuale, dell'economia e della gestione aziendale, della sociologia e della comunicazione;
- essere capaci di ideare, pianificare, progettare e gestire sistemi, processi e servizi complessi e innovativi nel campo delle biotecnologie.

#### **b) Contenuti disciplinari indispensabili per tutti i corsi della classe**

I corsi della classe comprendono in ogni caso attività finalizzate all'acquisizione di: - conoscenze delle discipline chimiche e biologiche per la comprensione della struttura e funzione dei sistemi biologici, con particolare attenzione alle logiche molecolari e informazionali, dal livello cellulare a quello degli organismi;

- conoscenze delle tecniche fondamentali nei vari campi delle biotecnologie industriali, con particolare attenzione agli approcci multidisciplinari che le connotano e agli sviluppi industriali;
- conoscenze teoriche e pratiche per progettare, condurre e migliorare processi di produzione e servizi basati sull'utilizzo di sistemi biologici, dalla scala di laboratorio a quella pilota e industriale;
- competenze avanzate in uno o più specifici settori delle biotecnologie industriali.

#### **c) Competenze trasversali non disciplinari indispensabili per tutti i corsi della classe**

Le laureate e i laureati della classe devono essere in grado di: - saper comunicare efficacemente, in forma scritta e orale, con particolare riferimento al lessico proprio delle discipline scientifiche;

- operare in gruppi interdisciplinari e dialogare efficacemente con esperti di specifici settori applicativi, comprendendo le necessità degli ambiti in cui si troveranno a operare e suggerendo soluzioni efficaci;
- essere in grado di operare in contesti aziendali e professionali;
- mantenersi aggiornati sugli sviluppi delle scienze e tecnologie;
- utilizzare con competenza i principali strumenti informatici e digitali e della comunicazione telematica;
- prevedere e gestire le implicazioni delle proprie attività in termini di sostenibilità ambientale;
- lavorare con ampia autonomia, anche assumendo responsabilità scientifiche e organizzative di progetti e strutture e di analizzare e risolvere problemi complessi.

#### **d) Possibili sbocchi occupazionali e professionali dei corsi della classe**

Le laureate e i laureati della classe potranno trovare occupazione, come lavoratori dipendenti o liberi professionisti, con ruoli di elevata responsabilità nelle

aziende, in enti pubblici e privati, società di servizi e di consulenza negli ambiti di: ricerca, sviluppo e innovazione di prodotti e processi biotecnologici; gestione di strutture produttive in tutti i campi della bioindustria; gestione di servizi connessi con le biotecnologie industriali, come nei laboratori di analisi di certificazione e di controllo biologico, nei servizi di monitoraggio ambientale e nelle strutture del servizio sanitario nazionale; promozione, sviluppo e trasferimento tecnologico dell'innovazione scientifica; controllo, sorveglianza, marketing di prodotti delle biotecnologie; formazione culturale e divulgazione scientifica.

e) Livello di conoscenza di lingue straniere in uscita dai corsi della classe

Oltre l'italiano, le laureate e i laureati nei corsi della classe devono essere in grado di utilizzare fluentemente almeno una lingua straniera, in forma scritta e orale, con riferimento anche ai lessici disciplinari.

f) Conoscenze e competenze richieste per l'accesso a tutti i corsi della classe

Padronanza di nozioni e strumenti di base delle scienze matematiche, chimiche, fisiche e biologiche e conoscenze fondamentali nelle discipline propedeutiche a quelle caratterizzanti della presente classe.

g) Caratteristiche della prova finale per tutti i corsi della classe

La prova finale comprende la preparazione e presentazione di una tesi relativa ad una significativa attività di ricerca, con carattere di originalità, che dimostri la padronanza degli argomenti nonché capacità di operare in modo autonomo e di comunicare e analizzare criticamente i risultati ottenuti.

h) Attività pratiche e/o laboratoriali previste per tutti i corsi della classe

I corsi della classe devono prevedere attività di laboratorio dedicate alla conoscenza di metodiche sperimentali, alla acquisizione, elaborazione e interpretazione dei dati e all'uso delle tecnologie.

i) Tirocini previsti per tutti i corsi della classe

I corsi della classe prevedono tirocini formativi, in Italia o all'estero, presso enti o istituti di ricerca, università, fondazioni, aziende e/o amministrazioni pubbliche, anche nel quadro di accordi internazionali.

## **Sintesi della consultazione con le organizzazioni rappresentative a livello locale della produzione, servizi, professioni**

Nel corso del mese di giugno 2019 sono state consultate, diverse istituzioni di ricerca avanzata con sede in Italia (Istituto Italiano di Tecnologia (IIT), ( 3 giugno 2019), nella persona del Dirigente di ricerca, AXXAM S.p.A.- Openzone, ( 4 giugno 2019), nella persona del dirigente di ricerca, Istituto Europeo di Oncologia, IEO, ( 4 giugno 2019), nella persona del direttore Chromatin Alterations in Tumorigenesis Unit, EryDel SRL, azienda biotech che opera nell'ambito della drug discovery, ( 5 giugno 2019), nella persona dell' Amministratore delegato, Elements Srl, ( 5 giugno 2019), nella persona dell' Amministratore delegato).

Per quanto riguarda le istituzioni estere, si è dialogato, in occasione di congressi internazionali nel corso del 2019, con colleghi di Technische Universitaet, Darmstadt, in Germania, University of California San Francisco, USA e University of Glasgow, UK. Il progetto del CdS è stato esposto ai colleghi del consiglio direttivo della Biophysical Society, USA, durante la seduta del 29 maggio 2019, raccogliendo suggerimenti e pareri.

Sia gli istituti consultati che le ditte hanno assunto in passato, come dottorandi e come postdocs, laureati/e del Dipartimento di Bioscienze dell'Università di Milano per svolgere attività di ricerca e per sviluppare strumentazione in ambito biofisico. La formazione di biotecnologi con conoscenze adeguate di matematica, fisica e chimica è stata considerata una priorità assoluta da tutte le parti consultate, dato che le loro realtà si basano su team interdisciplinari in cui i nostri laureati devono essere in grado di dialogare e collaborare con ingegneri, chimici farmacisti e computazionali, neuroscienziati e fisici ed utilizzare luce laser, luce di sincrotrone, optical tweezers, microscopia a superisoluzione, a forza atomica e a due fotoni, sistemi automatizzati di patch clamp, molecular dynamics, NMR, microscopia elettronica di singola molecola, etc.

Dal dialogo con le parti interessate, è emersa inoltre una chiara richiesta per laureati in materie biologiche-biotecnologiche in grado di applicare un approccio quantitativo sia alla pianificazione degli esperimenti che all'analisi dei risultati. E' stato suggerito di offrire un corso di logica fra gli insegnamenti obbligatori e di esercitare gli studenti al 'problem solving', portandoli a definire approcci sperimentali adeguati alla domanda sperimentale posta dal docente.

A marzo 2022 si è svolto un incontro con le parti sociali che ha analizzato e approvato la linea intrapresa dal CdS. Si è discusso di come allargare l'offerta di tesi e della necessità di spostare un corso al primo semestre per meglio distribuire il carico didattico. Si è deciso che le parti sociali entrassero a far parte del Comitato d'indirizzo istituito con in data 21/03/2022. Il comitato d'indirizzo si è riunito per la prima volta in modalità telematica il 14 marzo 2023. Il Comitato di Indirizzo ha preso atto dei miglioramenti raggiunti. Da questa riunione è emersa l'idea di introdurre fra gli insegnamenti un corso sui metodi di intelligenza artificiale, focalizzata sull'utilizzo di tecniche di Machine learning in Biologia Quantitativa. Tale corso è stato inserito nel processo di revisione dell'ordinamento in atto (settembre 2024),(verbale 8 marzo 2024)

## **Obiettivi formativi specifici del corso e descrizione del percorso formativo**

Il Corso di studio prevede la formazione del Biologo Quantitativo, figura professionale in grado di svolgere funzioni di elevata responsabilità in ambito di ricerca e innovazione. Dette funzioni interessano lo sviluppo di nuova tecnologia e la relativa applicazione industriale in campo biotecnologico e biomedico, e si basano sulla conoscenza di sistemi biologici complessi e sulla capacità di interfacciarsi con fisici e matematici per l'analisi e l'interpretazione dei dati e per la formulazione di modelli predittivi.

Gli obiettivi formativi prevedono l'acquisizione del metodo scientifico sperimentale applicato a sistemi biologici, la comprensione delle basi fisiche dei fenomeni cellulari e molecolari, la conoscenza teorica e pratica delle tecniche sperimentali e computazionali di singola molecola e l'apprendimento di metodi computazionali utilizzati nello sviluppo di modelli matematici predittivi. Tali obiettivi saranno raggiunti durante il corso di studi magistrale grazie agli approfondimenti delle conoscenze acquisite nel primo ciclo di studi triennale e all'apprendimento di nuove conoscenze, particolarmente rivolte alla capacità di utilizzare strumenti matematici e fisici per la descrizione dei sistemi biologici. A tale scopo sono state individuate tre aree di apprendimento comprendenti:

Area biologica molecolare, cellulare e strutturale: fornisce conoscenze approfondite dei processi biologici di base, sia cellulari che molecolari e identifica complessi macromolecolari e network regolativi che richiedono un'analisi quantitativa.

Area biofisica-chimica: fornisce conoscenze termodinamiche e statistiche del comportamento delle singole molecole e tratta le tecniche d'indagine e di analisi dei dati più innovative in questo ambito (come, ad esempio, microscopia a forza atomica, microscopia in super risoluzione, la cryo microscopia elettronica su singola particella).

Area matematica-informatica-logica: fornisce gli strumenti per la formulazione di modelli matematici predittivi e descrittivi del comportamento dei sistemi cellulari e molecolari e insegna i linguaggi di programmazione per l'analisi dei dati. Introduce inoltre i concetti e i metodi della logica formale utilizzati per rappresentare e risolvere problemi logici e computazionali e metodi di intelligenza artificiale, in particolare machine learning.

Il Corso di Studio è biennale, suddiviso in quattro semestri. Il secondo anno è principalmente, ma non esclusivamente, dedicato all'attività sperimentale per la preparazione della tesi di laurea.

Durante il primo anno, gli studenti approfondiscono le conoscenze nell'ambito della biologia molecolare e cellulare, strutturale, e della genetica con particolare enfasi alla correlazione fra l'aspetto biologico-funzionale e la dinamica dei sistemi, focalizzandosi sulle tecniche sperimentali ad alta risoluzione utilizzate per descriverli. Detta formazione viene consolidata con le nozioni che attengono alla biofisica della cellula e delle molecole biologiche. I settori scientifici disciplinari previsti per le conoscenze di chimica consentono inoltre l'acquisizione della padronanza metodologica e tecnologica per la misura sperimentale, in particolare delle tecniche d'indagine spettroscopica risolta nel tempo. Le discipline fisiche, matematiche e informatiche completano la formazione del primo anno introducendo l'analisi statistica dei dati, gli elementi necessari per la modellizzazione dei fenomeni biologici, oltre alle basi dei linguaggi informatici utilizzati nei diversi corsi per descrivere i dati in modo quantitativo.

Alla fine del primo anno lo studente avrà acquisito la capacità di riconoscere gli aspetti dinamici dei processi molecolari-cellulari di base, saprà risalire ai principi fisici che li governano e identificare possibili approcci sperimentali che forniscano i dati necessari alla modellizzazione matematica dei processi. Nel corso del secondo anno sarà approfondito lo studio del comportamento di singola molecola mediante tecniche di dinamica molecolare e lo studio della dinamica non lineare dei sistemi biologici. Lo studente sarà così in grado di utilizzare le metodologie sperimentali più avanzate che caratterizzano le biotecnologie molecolari, elaborare i dati ricavandone informazioni dinamiche quali coefficienti di diffusione e costanti cinetiche e utilizzare tali informazioni nella modellizzazione di processi cellulari molecolari dinamici per l'ingegneria metabolica o per lo studio delle patologie umane.

Tutte le discipline impartite prevedono un congruo numero di ore dedicate alle attività di laboratorio. Le attività didattiche previste dal piano di studi consistono in lezioni frontali, eventuali esercitazioni in aula, laboratori e tirocinio per la tesi con accesso a strumentazione altamente innovativa (es. Cryo-EM, microscopia ottica ed elettronica, a forza atomica, etc.). Al fine di favorire l'inserimento dei laureati in contesti lavorativi non solo nazionali ma anche

internazionali, il corso si svolge interamente in lingua inglese, incluse la stesura e la discussione della tesi sperimentale. L'utilizzo della lingua inglese come lingua veicolare del corso di laurea favorirà la capacità del laureato magistrale in Quantitative Biology di comunicare i propri risultati e le proprie analisi anche in contesti internazionali, quali ad esempio congressi scientifici, report periodici in aziende ed enti di ricerca, stesura di proposte di ricerca complete di business plan.

Una volta acquisito il titolo di studio, il biologo quantitativo, allo scopo di ottenere maggiore autonomia e maggiori livelli di responsabilità, può acquisire ulteriori competenze mediante Master di II livello in ambito gestionale e manageriale di impresa o con accesso a Scuole di Dottorato finalizzate alla preparazione alla ricerca previo superamento delle relative prove concorsuali sia in ambito biotecnologico che anche biologico molecolare e biofisico, ma sarà ad ogni modo capace di entrare a far parte di gruppi di ricerca multi-disciplinari fornendo una risorsa fondamentale non solo alla comprensione reciproca di ricercatori di ambiti diversi, ma anche per lo sviluppo di metodologie matematiche che tengano conto degli aspetti fondamentali della biologia, cosa non sempre comune quando i modelli vengono prodotti da persone con forte background fisico-matematico ma deboli conoscenze in biologia.

### **Descrizione sintetica delle attività affini e integrative**

Le attività affini e integrative intendono offrire un approfondimento di aspetti teorici e biomatematici compresi negli ambiti dei profili culturali e professionali identificati dal corso di studio.

Queste attività hanno l'obiettivo di assicurare una formazione multi e inter-disciplinare dello studente in diversi ambiti biologici che vanno dalla tecniche di studio di singola molecola e di dinamica molecolare a tecniche di machine learning nell'ambito dell'intelligenza artificiale, applicabili ai sistemi biologici. Le attività affini e integrative possono includere esercitazioni, seminari, o altro fra cui l'acquisizione di soft skills: problem solving, autonomia, capacità di pianificare e organizzare lo studio, precisione e attenzione ai dettagli, lavoro di squadra, leadership e creatività.

### **Risultati di apprendimento attesi, espressi tramite i Descrittori europei del titolo di studio (DM 16/03/2007, art. 3, comma 7).**

#### **Conoscenza e capacità di comprensione (knowledge and understanding)**

I/le laureati/e magistrali in "Quantitative Biology" uniscono ad una solida preparazione in ambito biomolecolare-cellulare, acquisita prevalentemente nei settori biologici caratterizzanti e affini FIS/07, BIO/04, la conoscenza di strumenti matematici, chimici e fisici e delle basi logiche del ragionamento scientifico (acquisita con le discipline per le competenze professionali e con le attività formative affini).

Tale preparazione consentirà loro di comprendere ed applicare l'approccio sperimentale interdisciplinare allo studio di sistemi complessi, quali i sistemi biologici dinamici, affrontati prevalentemente in attività affini e integrative a scelta guidata. Gli studenti sono guidati nella generazione di modelli predittivi, di simulazioni e della loro analisi e verifica sperimentale.

#### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione (applying knowledge and understanding)**

Un obiettivo fondamentale della laurea magistrale in "Quantitative Biology" è la costante pratica sperimentale delle conoscenze teoriche acquisite. Si intende raggiungere questo obiettivo sia tramite gli insegnamenti, che comprenderanno una parte di insegnamento "hands on" di pratica di laboratorio, sia tramite la tesi sperimentale a cui sono attribuiti 33 CFU. Largo spazio verrà inoltre dato agli aspetti di "problem solving" e a forme di didattica che coinvolgano direttamente lo studente, promuovendo e valutando la capacità di analisi e di scelta degli strumenti metodologici più appropriati al raggiungimento di un obiettivo. La verifica delle competenze sarà effettuata con opportune modalità di esame (discussione di progetti; presentazione di risultati; ecc.).

#### **Autonomia di giudizio (making judgements)**

L'acquisizione di autonomia di giudizio verrà incoraggiata dall'utilizzo di materiale didattico complementare a libri di testo, quali articoli di ricerca, in modo da stimolare gli studenti a non apprendere acriticamente le nozioni impartite, ma a valutarle con spirito critico e autonomia di giudizio.

L'acquisizione di tale capacità sarà valutata dal docente durante la discussione in classe di articoli scientifici scelti e presentati dagli studenti.

L'autonomia di giudizio sarà inoltre favorita dalla modalità di insegnamento "problem based learning". Tale approccio prevede che piccoli gruppi di studenti affrontino la materia di studio discutendo fra loro in presenza di un tutor che interviene solo se richiesto. Questa modalità di apprendimento sviluppa la capacità di problem solving, uno degli obiettivi formativi principali del corso di studio.

#### **Abilità comunicative (communication skills)**

L'apprendimento basato sulla discussione in gruppi "problem-based learning" sopra menzionato, aiuta a sviluppare capacità comunicative, fra cui la sicurezza nell'esprimersi in inglese, e la capacità di relazionarsi con altri studenti, anche internazionali. Presentazione e discussione di dati sperimentali, nell'ambito di journal club e seminari, sono fra le attività formative previste nell'ambito degli insegnamenti obbligatori e a scelta guidata dello studente che favoriscono l'acquisizione di abilità comunicative. Tali presentazioni permetteranno di verificare le abilità comunicative dello studente.

#### **Capacità di apprendimento (learning skills)**

Sviluppo di adeguate capacità per l'acquisizione di nuove conoscenze, anche attraverso la ricerca e la lettura di articoli scientifici in lingua inglese, consultazioni bibliografiche, consultazione di banche dati e altre informazioni in rete. Le attività formative per acquisire e verificare questa capacità includono le attività di laboratorio per la prova finale, esami che prevedono tra le diverse prove anche la lettura e discussione di articoli o protocolli in inglese o l'elaborazione informatica di dati sperimentali. Verrà incoraggiato l'uso di metodologie di insegnamento/apprendimento alternative e complementari alla sola lezione frontale, come il problem-based learning, lavoro di gruppo, presentazioni da parte degli studenti, esercitazioni su casi di studio reali. Gli strumenti didattici di verifica sono esami orali e/o scritti, prove pratiche di presentazione di articoli scientifici e presentazione di progetti di ricerca realizzati individualmente o in piccoli gruppi.

### **Conoscenze richieste per l'accesso (DM 270/04, art 6, comma 1 e 2)**

Sono requisiti la padronanza di nozioni e strumenti di base delle scienze matematiche, chimiche, fisiche e biologiche e conoscenze fondamentali nelle discipline propedeutiche a quelle caratterizzanti della presente classe. Possono accedere al corso di laurea magistrale in Quantitative Biology i laureati nelle classi:

L-2 Biotecnologie  
L-05 Filosofia  
L-07 Ingegneria Civile e Ambientale  
L-08 Ingegneria dell'Informazione  
L-13 Scienze Biologiche  
L-27 Scienze e tecnologie chimiche  
L-29 Scienze e tecnologie farmaceutiche  
L-30 Scienze e tecnologie fisiche  
L-31 Scienze e Tecnologie Informatiche  
L-32 Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura  
L-33 Scienze Economiche e Statistiche  
L-35 Scienze Matematiche  
L-41 Statistica

che abbiano conseguito conoscenze sufficienti (almeno 12 CFU) in discipline di base di area biologica (SSD BIO/06, BIO/09, BIO/10, BIO/11, BIO/18, BIO/19). Possono altresì accedere al corso coloro che siano in possesso di altro titolo di studio conseguito all'estero e riconosciuto idoneo in base

all'equipollenza. Viene inoltre richiesta la conoscenza della lingua inglese ad un livello di competenza B2.

Per tutte le categorie di candidati l'adeguata preparazione personale degli studenti e la capacità di comunicare efficacemente in lingua inglese saranno comunque elementi determinanti per l'ammissione e saranno verificate con le modalità previste dal Regolamento didattico del corso.

### **Caratteristiche della prova finale** **(DM 270/04, art 11, comma 3-d)**

La Laurea Magistrale in "Quantitative Biology" si consegue con il superamento di una prova finale, consistente nella discussione di una tesi sperimentale svolta presso laboratori di ricerca universitari e/o altri laboratori o strutture pubbliche o private, nazionali o stranieri. La tesi, elaborata in modo originale dallo studente sotto la guida di un relatore, redatta in lingua inglese, deve presentare una particolare originalità di sviluppo, coerente con il suo ruolo formativo che completa il percorso di studio biennale individuale.

### **Motivi dell'istituzione di più corsi nella classe**

L'Università degli Studi di Milano offre due ulteriori lauree magistrali della stessa classe, LM-8 Biotecnologie Industriali, denominate "Molecular Biotechnology and Bioinformatics" (MBB) e "Bioinformatics for Computational Genomics" (BBC). Entrambe le lauree forniscono un percorso formativo nell'ambito delle metodologie di analisi computazionale genomica, trascrittomica ed epigenomica, applicate alla ricerca biologica-biotecnologica. MBB è indirizzata a studenti con solide competenze teoriche e di laboratorio in biologia cellulare, molecolare, biochimica e genetica interessati ad una ricerca moderna basata sulle discipline "omiche" mentre BBC si rivolge anche a studenti con un background di ingegneria, matematica o fisica, interessati all'applicazione e allo sviluppo ex-novo di metodologie e protocolli di analisi bioinformatiche.

Il corso di laurea in Quantitative Biology (QB) si propone invece l'obiettivo di preparare studenti e studentesse con un background biologico-biotecnologico ad affrontare lo studio dei viventi con metodi e approcci sperimentali quantitativi. Per questo, il CdS fornisce un solido background teorico di tematiche fisiche, chimiche e matematiche ed illustra con un approccio "hands on", le loro applicazioni nella realizzazione di esperimenti e nell'analisi dei dati ottenuti.

Allo stesso tempo, il nuovo CdS si inserisce pienamente negli obiettivi formativi della classe LM-8, in quanto l'approccio matematico quantitativo ai dati biologici si applica anche a dati ottenuti dall'analisi di Big data ottenuti con metodi computazionali ed informatici e trova importanti applicazioni biotecnologiche e biomediche.

L'introduzione nel piano di studi di una quota consistente di insegnamenti di area Fisica e Matematica, resa possibile dalla collaborazione con i rispettivi Dipartimenti dell'Università di Milano, soddisfa ampiamente il requisito di differenziare per almeno 30 CFU Quantitative Biology dalle due lauree magistrali in biotecnologie industriali già esistenti.

<b>Sbocchi occupazionali e professionali previsti per i laureati</b>
<b>Operatore tecnico scientifico (Product scientist, Bio-nanotechnologist)</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Applica le procedure di laboratorio relative a processi cellulari e molecolari identificando e risolvendo eventuali criticità.</li> <li>-Utilizza strumentazione scientifica non standard e ad alto contenuto tecnologico.</li> <li>-Gestisce gli aspetti informatici legati all'uso delle macchine per la generazione di dati sperimentali.</li> <li>-Analizza i dati sperimentali grezzi e li converte in diversi formati.</li> <li>-Scriva i codici per analizzare i dati biologici utilizzando un linguaggio di programmazione.</li> <li>-Applica metodologie avanzate per analizzare le strutture delle proteine e le immagini raccolte mediante tecniche di microscopia confocale a singolo e multifotone.</li> <li>-Interagisce efficacemente sia con il personale di laboratori sperimentali che con gli sviluppatori di strumentazione ad alto contenuto tecnologico e ne favorisce la comunicazione.</li> </ul>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-In biologia cellulare e molecolare e nelle tecnologie di ingegneria genetica, proteica e metabolica.</li> <li>-Nella comprensione delle tecnologie di generazione dei dati sperimentali associati a sistemi biologici e delle loro applicazioni a scopi biotecnologici.</li> <li>-Abilità nell'uso di tecniche, strumenti e capacità necessari per svolgere l'esperimento.</li> <li>-Nel comprendere dettagliatamente il processo di analisi e gestione dei dati sperimentali misurati.</li> </ul>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b></p> <p>In startups di bio-nanotecnologie, industria farmaceutica e biotecnologica, istituti di ricerca pubblici (previo superamento delle relative prove concorsuali) e privati (previo superamento di apposite selezioni), con i seguenti incarichi:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ricercatore ed analista nell'industria farmaceutica nello sviluppo di approcci terapeutici basati sulla medicina di precisione.</li> <li>- Application scientist per biotech company che sappia utilizzare segnali di fluorescenza anche a singola molecola per la messa a punto di tool diagnostici e biosensori.</li> <li>- Sviluppo razionale e progettazione di lab on the chip technology nel campo della salute pubblica, della sicurezza alimentare e ambientale.</li> <li>- Consulente per messa a punto di screening computazionali per drug discovery e drug design in industria farmaceutica.</li> </ul>
<b>Junior research scientist - Membro di un laboratorio di ricerca interdisciplinare in ambito biotecnologico/biofisico</b>
<p><b>funzione in un contesto di lavoro:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Conosce il sistema biologico in studio, comprende la domanda sperimentale e contribuisce a identificare la misura sperimentale adatta a fornire risposte adeguate.</li> <li>- Progetta e realizza in modo autonomo gli esperimenti utilizzando strumentazione ad alta tecnologia.</li> <li>- Svolge l'analisi dei dati utilizzando software specifici.</li> <li>- Rimane informato su nuove ricerche e sviluppi nel campo.</li> <li>- Presenta con sicurezza dati e metodi scientifici a partner interni ed esterni.</li> </ul>
<p><b>competenze associate alla funzione:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Familiarità con un'ampia gamma di strumenti per analisi spettroscopiche, microscopiche e di imaging, a livello cellulare e molecolare.</li> <li>- Esperienza nell'applicare e adattare la teoria statistica e matematica per risolvere i problemi biologici.</li> <li>- Conoscenza in linguaggi di programmazione: esperienza con Python.</li> <li>- Eccellenti capacità di comunicazione e presentazione in inglese (scritta e verbale).</li> </ul>
<p><b>sbocchi occupazionali:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ricercatore in Istituti scientifici pubblici (previo superamento delle relative prove concorsuali) e privati (previo superamento di apposite selezioni), ricerca e sviluppo in industrie farmaceutiche, biotecnologiche e startups o aziende che sviluppano strumentazione scientifica ad elevato contenuto tecnologico e di innovazione, con i seguenti incarichi:</li> <li>- Analisi e fitting dei dati secondo modelli teorici, distinzione del background del segnale, rimozione del rumore di fondo, ottimizzazione basata su modellizzazione.</li> <li>- Scoperta di nuovi bio-materiali e loro applicazione in ambito medico e nanoelettronico, basate su progettazione e caratterizzazione di materiali nanostrutturati (per esempio quelli basati sul DNA).</li> <li>- Utilizzo di tecniche di microscopia a forza atomica per analisi di materiali nanostrutturati per l'industria elettronica.</li> <li>- Sviluppo di molecole antivirali, vaccini, e ricollocazione di farmaci già approvati basandosi su analisi strutturali e modeling molecolare.</li> <li>- Analisi di dati biologici complessi come ad esempio le immagini biomediche, che richiedono conoscenza di algoritmi sofisticati e abilità di applicazione che vanno oltre quelli disponibili commercialmente.</li> <li>- Metabolic engineering a fini industriali.</li> <li>- Accesso alla professione di Biologo, previo superamento dell'esame di stato e l'iscrizione all'albo professionale.</li> </ul>
<b>Il corso prepara alla professione di (codifiche ISTAT)</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ricercatori e tecnici laureati nelle scienze biologiche - (2.6.2.2.1)</li> <li>• Biotecnologi - (2.3.1.1.4.)</li> <li>• Biologi e professionisti assimilate - (2.3.1.1.1.)</li> <li>• Biofisici - (2.3.1.1.3)</li> </ul>

**Il rettore dichiara che nella stesura dei regolamenti didattici dei corsi di studio il presente corso ed i suoi eventuali curricula differiranno di almeno 30 crediti dagli altri corsi e curriculum della medesima classe, ai sensi del DM 16/3/2007, art. 1 c.2.**

**Attività caratterizzanti**

ambito disciplinare	settore	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
		min	max	
Discipline chimiche e chimico-industriali	CHIM/01 Chimica analitica CHIM/02 Chimica fisica CHIM/03 Chimica generale ed inorganica CHIM/04 Chimica industriale CHIM/05 Scienza e tecnologia dei materiali polimerici CHIM/06 Chimica organica CHIM/08 Chimica farmaceutica CHIM/09 Farmaceutico tecnologico applicativo CHIM/10 Chimica degli alimenti CHIM/11 Chimica e biotecnologia delle fermentazioni CHIM/12 Chimica dell'ambiente e dei beni culturali ING-IND/27 Chimica industriale e tecnologica ING-IND/34 Bioingegneria industriale	10	12	10
Discipline biologiche	BIO/04 Fisiologia vegetale BIO/06 Anatomia comparata e citologia BIO/07 Ecologia BIO/09 Fisiologia BIO/10 Biochimica BIO/11 Biologia molecolare BIO/13 Biologia applicata BIO/14 Farmacologia BIO/15 Biologia farmaceutica BIO/18 Genetica BIO/19 Microbiologia	18	33	10
Discipline tecnico scientifiche, giuridiche, economiche e di contesto	FIS/01 Fisica sperimentale FIS/02 Fisica teorica modelli e metodi matematici FIS/03 Fisica della materia INF/01 Informatica ING-IND/35 Ingegneria economico-gestionale ING-INF/05 Sistemi di elaborazione delle informazioni M-FIL/03 Filosofia morale MAT/05 Analisi matematica MAT/06 Probabilità e statistica matematica MAT/07 Fisica matematica MAT/08 Analisi numerica MAT/09 Ricerca operativa MED/04 Patologia generale SECS-S/01 Statistica SECS-S/02 Statistica per la ricerca sperimentale e tecnologica	12	21	6
<b>Minimo di crediti riservati dall'ateneo minimo da D.M. 40:</b>		-		
<b>Totale Attività Caratterizzanti</b>		40 - 66		

**Attività affini**

ambito disciplinare	CFU		minimo da D.M. per l'ambito
	min	max	
Attività formative affini o integrative	17	32	12
<b>Totale Attività Affini</b>	17 - 32		

### Altre attività

ambito disciplinare		CFU min	CFU max
A scelta dello studente		12	12
Per la prova finale		33	33
Ulteriori attività formative (art. 10, comma 5, lettera d)	Ulteriori conoscenze linguistiche	0	3
	Abilità informatiche e telematiche	0	3
	Tirocini formativi e di orientamento	0	3
	Altre conoscenze utili per l'inserimento nel mondo del lavoro	0	3
Minimo di crediti riservati dall'ateneo alle Attività art. 10, comma 5 lett. d		3	
Per stages e tirocini presso imprese, enti pubblici o privati, ordini professionali		-	-
<b>Totale Altre Attività</b>		48 - 57	

### Riepilogo CFU

<b>CFU totali per il conseguimento del titolo</b>	<b>120</b>
<b>Range CFU totali del corso</b>	105 - 155

### Note attività affini (o Motivazioni dell'inserimento nelle attività affini di settori previsti dalla classe).

#### Note relative alle altre attività

Per le studentesse e gli studenti internazionali, è vivamente consigliata l'acquisizione di competenze in lingua italiana, necessarie agli sbocchi occupazionali e professionali, tra quelli previsti per il CdS, limitatamente al contesto nazionale italiano. Purché coerente con gli obiettivi formativi e gli sbocchi professionali del percorso formativo, dunque, il conseguimento di 3 cfu di "conoscenze linguistiche aggiuntive" tramite l'accertamento di lingua italiana (Additional language skills: Italian) diviene una opzione facoltativa, anche per gli studenti internazionali, rispetto ad altre attività a scelta dello studente. Le studentesse e gli studenti internazionali potranno sostenere un test di posizionamento A2 e, in caso di non superamento, frequentare un corso di italiano A2 e superare il relativo test finale".

#### Note relative alle attività caratterizzanti

RAD chiuso il 27/02/2025