



**UNIVERSITÀ
DI TRENTO**

**REGOLAMENTO DIDATTICO DEL
CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN
BIOLOGIA QUANTITATIVA E COMPUTAZIONALE
(QUANTITATIVE AND COMPUTATIONAL BIOLOGY)**

Emanato con DR n. 620 del 4 settembre 2020



INDICE

Art. 1 – Caratteristiche generali del progetto formativo	2
Art. 2 - Obiettivi formativi specifici, risultati di apprendimento attesi e sbocchi occupazionali	2
Art. 3 – Requisiti di ammissione al corso di studio	2
Art. 4 – Trasferimenti in ingresso, passaggi di corso	3
Art. 5 – Organizzazione del percorso formativo	3
Art. 7 – Opportunità offerte durante il percorso formativo	4
Art. 8 – Conseguimento del titolo	5
Art. 9 – Iniziative per l’assicurazione della qualità	5
Art. 10 – Norme finali e transitorie	5
Tabella 1 – Obiettivi delle attività formative previste dal percorso	6

Art. 1 – Caratteristiche generali del progetto formativo

1. Il Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale, appartiene alla classe “LM-8 – Biotecnologie Industriali” (DD.MM. 16 marzo 2007).
2. La struttura didattica responsabile del Corso di Studio è il Dipartimento di Cellular, Computational and Integrative Biology (CIBIO) e le strutture didattiche associate sono il Dipartimento di Ingegneria e Scienza dell’Informazione, il Dipartimento di Matematica e il Dipartimento di Fisica. Il corso è interdipartimentale.
3. Le attività didattiche si svolgono presso il Polo “Fabio Ferrari”, Via Sommarive 5 e 9 – 38123 POVO (Trento). L’indirizzo internet del Corso di studio è <http://international.unitn.it/mqcb>.
4. Il presente regolamento viene redatto in conformità all’Ordinamento 2016/17. Il presente regolamento verrà applicato a partire dagli immatricolati all’a.a. 2019/2020.
5. Il Coordinatore e l’Organo di gestione del corso di sono indicati in University, nella sezione *Presentazione*, in ogni anno accademico di attivazione del corso di studio. Nel presente regolamento si fa rinvio a University e alle informazioni relative al presente corso di studio in essa contenute, consultando l’offerta formativa al link <https://www.university.it/index.php/cercacorsi/universita>.

Art. 2 - Obiettivi formativi specifici, risultati di apprendimento attesi e sbocchi occupazionali

1. Gli obiettivi formativi specifici del corso di studio e i risultati di apprendimento attesi sono descritti in University, nella specifica sezione del *Quadro A4*, per ogni coorte di studenti e studentesse associata a ciascun anno accademico di attivazione del corso di studio.
2. Gli sbocchi occupazionali e professionali sono descritti in University, nella specifica sezione del *Quadro A2*.

Art. 3 – Requisiti di ammissione al corso di studio

1. Annualmente la struttura didattica competente valuta l’opportunità di introdurre la programmazione locale degli accessi, fissando un numero massimo di studenti immatricolabili sostenibile in relazione alle risorse disponibili per garantire attività didattiche di qualità.
2. Possono accedere al corso di laurea magistrale in Quantitative and Computational Biology coloro che sono in possesso di un titolo di Laurea di primo livello appartenente alle seguenti discipline e relative classi del D.M. 270/04 (tra parentesi le classi corrispondenti del precedente D.M. 509/99).
 - Biotecnologie – L-2 (1)
 - Ingegneria dell’Informazione – L-8 (9)
 - Scienze biologiche – L-13 (12)
 - Scienze e tecnologie agro-alimentari – L-26 (20)
 - Scienze e tecnologie chimiche – L-27 (21)
 - Scienze e tecnologie farmaceutiche – L-29 (24)
 - Scienze e tecnologie fisiche – L-30 (25)
 - Scienze e tecnologie informatiche – L-31 (26)
 - Scienze matematiche – L-35 (32)

È condizione per l’ammissione essere in possesso di un piano di studi del corso di laurea di primo livello



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

e/o curriculum studiorum che includa conoscenze e competenze di base in informatica, matematica, fisica, chimica e biologia sufficienti a permettere di affrontare le attività formative previste per la Laurea Magistrale in Quantitative and Computational Biology, in accordo a opportuni criteri stabiliti dalla apposita commissione.

3. Possono altresì accedere coloro i quali sono in possesso di un altro titolo di studio conseguito all'estero e riconosciuto idoneo in base alla normativa vigente, purché abbiano acquisito i requisiti curriculari di base stabiliti dalla apposita commissione. Considerando che la lingua in cui si terrà il Corso di Laurea Magistrale in Quantitative and Computational Biology è l'inglese, è prevista obbligatoriamente la conoscenza della stessa ad un livello adeguato alla comprensione degli insegnamenti definiti dal Regolamento Didattico, ad un livello almeno pari a B1 (secondo il sistema di riferimento per la conoscenza delle lingue del Common European Framework, CEFR).

Art. 4 – Trasferimenti in ingresso, passaggi di corso

1. Possono essere riconosciute attività formative svolte presso altri corsi di studio di secondo livello, anche di altre Università. I relativi crediti sono attribuiti tenendo conto del contributo dell'attività al raggiungimento degli obiettivi formativi del corso di laurea. Agli studenti provenienti da corsi di studio della stessa classe è comunque garantito il riconoscimento di almeno il 50% dei crediti precedentemente acquisiti nel medesimo settore.
2. I voti relativi alle attività formative riconosciute sono attribuiti dalla Commissione per i piani di studio laddove appropriato riportandoli sulla scala in trentesimi.

Art. 5 – Organizzazione del percorso formativo

1. Le attività formative e i relativi obiettivi formativi sono descritti **nella tabella 1**.
2. Il corso di studio prevede quattro percorsi formativi denominati “Biotechnological Track”, “Computational Track”, “Biocomputational Track” e “Physical Track”. Essi offrono l'opportunità agli studenti di integrare il proprio background in funzione della classe di laurea di primo livello di provenienza (cfr. Art. 3) e della preparazione personale in ingresso
3. L'articolazione del corso di studio è descritta **nella tabella 2**.
4. Svolgimento della attività formative e modalità di verifica/esami.
 - a. Il numero complessivo di esami varia a seconda dei piani di studio individuali nei vari percorsi o track, con un massimo di 12.
 - b. Le forme di svolgimento della didattica possono comprendere lezioni frontali, esercitazioni in aula, attività di laboratorio computazionale, attività di tutorato, seminari e tirocini. Le modalità di svolgimento degli insegnamenti e delle altre attività formative e la loro articolazione saranno indicate dai docenti responsabili prima dell'inizio di ogni anno accademico e rese note tramite pubblicazione sul Manifesto degli Studi e sulla pagina web del corso di studio.
 - c. Le possibili modalità di accertamento conclusivo/verifica avvengono tramite una prova orale, scritta, tramite test con domanda a risposta libera e vincolata, o tramite un elaborato progettuale
 - d. Le attività formative sono valutate con un voto espresso in trentesimi, con eventuale lode.
 - e. Le prove di conoscenza delle lingue straniere, i tirocini formativi e le attività seminariali sono valutate con i gradi “approvato” o “non approvato
 - f. Il singolo credito formativo universitario (CFU) corrisponde a 25 ore di lavoro dello studente, che possono essere così ripartite: 8 ore di lezione, laboratorio computazionale o esercitazione e 17 ore di studio individuale; 25 ore di attività individuale (tirocinio, preparazione della prova finale).
 - g. Per la composizione delle commissioni d'esame si rimanda al Regolamento Didattico di Ateneo (art. 20 punto 6)

Art. 6 – Piano di studi e iscrizione agli anni di corso

1. Il piano di studi è disciplinato come di seguito:
 - a. Il corso di laurea magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale prevede quattro percorsi formativi (detti “track”) in cui lo studente è inserito in funzione del background formativo acquisito nel precedente ciclo di studi. I percorsi sono definiti allo scopo di uniformare i diversi profili degli studenti all'ingresso affinché, completato il programma di studi della magistrale, tutti gli studenti abbiano raggiunto l'obiettivo formativo previsto dal corso di studio. I percorsi inoltre differenziano l'offerta



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

- didattica con una maggior attenzione rispettivamente ai contenuti biotecnologici, a quelli computazionali e a quelli della fisica dei sistemi biologici. Tutti gli studenti, indipendentemente dal percorso formativo a cui sono assegnati, devono presentare un piano di studi che deve essere approvato dalla struttura didattica responsabile. Tale piano di studi deve essere presentato, con modalità e tempi fissati annualmente pubblicati sul portale del corso di laurea magistrale.
- b. Un adeguato numero di crediti a scelta e lo svolgimento delle attività relative alla preparazione della Tesi di Laurea Magistrale offrono agli studenti la possibilità di personalizzare il piano di studio, previa approvazione della struttura didattica responsabile. In ciascun anno accademico sarà reso noto l'elenco degli esami a scelta per i quali la modalità di approvazione sarà automatica.
 - c. Potranno anche essere scelti insegnamenti offerti dall'Ateneo non inclusi nella lista, mediante approvazione del piano degli studi da parte dell'organo competente previa verifica della coerenza con il percorso formativo.
2. Le regole per la progressione negli anni di corso seguono quanto disciplinato nel Regolamento didattico di Ateneo Art. 22
 3. Obbligo di frequenza.
 - a. La frequenza a tutte le esercitazioni di laboratorio computazionale è obbligatoria, fatte salve deliberazioni della struttura didattica responsabile per motivi particolari
 - b. La formazione dello studente impegnato a tempo pieno prevede di norma il conseguimento di 60 CFU/anno corrispondenti a 1500 ore di lavoro annue complessive. Il tempo riservato allo studio personale e ad altre attività formative di tipo individuale è pari almeno al 60% dell'impegno orario complessivo.
 - c. Le ore di esercitazione di laboratorio previste per i singoli insegnamenti saranno rese note tramite pubblicazione del Manifesto degli Studi sul portale del corso di laurea magistrale
 4. Non sono previste iscrizioni per studenti part-time.

Art. 7 – Opportunità offerte durante il percorso formativo

1. Allo studente del corso di laurea magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale sono offerte opportunità per svolgere diverse tipologie di attività formative presso atenei stranieri con cui sono in essere accordi relativi a vari programmi di mobilità, tra cui: "Erasmus +", accordi di doppia laurea o accordi bilaterali. Annualmente l'Ateneo di Trento pubblica bandi di selezione per la partecipazione ai suddetti programmi e assegnazione di borse di studio a favore degli studenti, nel limite delle risorse finanziarie derivanti da finanziamenti europei o messe a disposizione dall'Ateneo. Le opportunità di mobilità internazionale offerte agli studenti e i requisiti di partecipazione richiesti sono indicati nei siti web del Centro di Biologia Integrata e dell'Ateneo (<http://www.cibio.unitn.it/711/international-mobility>- <http://international.unitn.it/outgoing/programmes>).
2. La gestione degli aspetti amministrativi e procedurali dei tirocini curriculari e post laurea all'estero, non collegati a programmi europei di mobilità, è affidata all'Ufficio Job Guidance dell'Ateneo. Nello specifico l'ufficio si occupa di informare studenti e neolaureati in merito alle modalità di individuazione della struttura ospitante, implementa e aggiorna la bacheca on line delle offerte di tirocinio da parte di aziende straniere partner, aiuta studenti e studentesse nella scrittura di una candidatura efficace, predispone la necessaria documentazione per l'avvio dell'esperienza (in particolare Convenzione e copertura assicurativa), gestisce l'erogazione di eventuali borse di studio a favore dei tirocinanti (se previste da fondi ministeriali), monitora il buon andamento dei tirocini e supporta, in fase di chiusura, nel riconoscimento dei crediti formativi e /o nella messa in trasparenza delle competenze acquisite. I servizi offerti tramite l'Ufficio Job Guidance agli studenti del corso di studio sono pubblicizzati nello specifico portale realizzato a livello di ateneo ([http://stage- placement.unitn.it/](http://stage-placement.unitn.it/)). Per quanto riguarda invece la definizione dei contenuti e degli obiettivi formativi del Progetto di tirocinio, l'assistenza viene fornita direttamente dai docenti dei Dipartimenti che svolgono il ruolo di tutor di tirocinio.
3. Le attività di orientamento e tutorato in itinere si possono distinguere in due tipologie generali: attività svolte da studenti-tutor e attività svolte da docenti o altro personale qualificato. Nella prima tipologia sono presenti le seguenti attività di tutorato generale e tutorato in aree disciplinari specifiche. Nella seconda tipologia rientrano le attività di supporto e assistenza alle scelte dei percorsi e della carriera universitaria svolte dai docenti tutor all'interno dei Dipartimenti, nonché il servizio di consulenza psicologica e l'assistenza agli studenti con disabilità.



Art. 8 – Conseguimento del titolo

1. Per essere ammessi alla prova finale occorre avere conseguito tutti i crediti previsti nelle altre attività formative del piano degli studi. Alla prova finale sono riservati 15 crediti.
2. La prova finale consiste nella stesura di una tesi ed un esame finale. Il lavoro di tesi ha come obiettivo di portare lo studente a diretto contatto con un argomento di frontiera di ricerca o di ricerca e sviluppo in Biologia Quantitativa e Computazionale e fornisce l'opportunità allo studente di contribuire personalmente all'avanzamento del settore. In generale la prova finale ha lo scopo di verificare la maturità scientifica raggiunta al termine del corso di laurea magistrale. Il Regolamento che definisce le norme da applicare per la prova finale è consultabile presso il sito del Corso di Laurea <http://international.unitn.it/mqcb/regulations-and-procedures>
3. Le modalità di svolgimento della prova finale e di conseguimento del titolo sono disciplinate in un apposito Regolamento presente in University, nella specifica sezione del *Quadro A5*.

Art. 9 – Iniziative per l'assicurazione della qualità

1. Il corso di studio persegue la realizzazione, al proprio interno, di un sistema per l'assicurazione della qualità in accordo con le relative politiche definite dall'Ateneo e promosse dal Dipartimento. In attuazione del Regolamento del Dipartimento, il corso di studio è rappresentato nella Commissione paritetica docenti- studenti direttamente attraverso la componente docente e componente studentesca appartenente al corso stesso, o indirettamente attraverso sistematici confronti attivati dalla Commissione con i docenti e gli studenti referenti diretti del corso di studio non presenti in Commissione paritetica docenti-studenti e con il gruppo di autovalutazione di cui al comma successivo.
2. All'interno del corso di studio è operativo un gruppo di autovalutazione che svolge un costante monitoraggio delle iniziative realizzate e dei risultati prodotti, anche mediante la predisposizione della Scheda di monitoraggio annuale e la redazione, quando ritenuto opportuno o quanto prescritto, del Rapporto di riesame ciclico.
3. L'assicurazione della qualità del Corso di laurea magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale è garantita dai responsabili dei processi di gestione e organizzazione del Corso di Studio stesso. In particolare da:
 - il Responsabile del Corso di Studio;
 - il Comitato di Gestione Interdipartimentale (CGID);
 - la Commissione paritetica docenti studenti;
 - il delegato all'orientamento del Centro di Biologia Integrata e dei Dipartimenti associati;
 - il delegato agli stage e ai tirocini per gli studenti del Centro di Biologia Integrata e dei Dipartimenti associati.

Queste strutture si riuniscono periodicamente, anche in sedute congiunte, per affrontare le problematiche di loro competenza e riferiscono ai Consigli delle strutture accademiche coinvolte di eventuali criticità emerse, proponendo eventuali correttivi e miglioramenti possibili su cui i Consigli delle strutture accademiche coinvolte dovranno poi deliberare.

Art. 10 – Norme finali e transitorie

1. Le disposizioni del presente Regolamento si applicano alle nuove carriere attivate a decorrere dall'a.a. 2018/2019 e rimangono in vigore fino all'emanazione di un successivo Regolamento.
2. Le Tabella 1 e/o la Tabella 2 richiamate nel presente Regolamento possono essere modificate da parte della struttura accademica responsabile del presente corso di studio, nell'ambito del processo annuale di programmazione didattica. Le suddette tabelle sono rese pubbliche mediante il sito University nella specifica sezione B "Esperienza dello studente" al quadro "Descrizione del percorso di formazione"
3. Per quanto non espressamente qui disciplinato si rinvia al Regolamento didattico di Ateneo e al Regolamento di Dipartimento di Biologia Integrata.



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

Tabella 1 – Obiettivi delle attività formative previste dal percorso

Corso di laurea magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale: obiettivi delle attività formative previste dal corso di studio per le coorti di studenti iscritti dall'a.a. 2020/21 e successivi.

PERCORSO BIOTECHNOLOGICAL TRACK:

Nome insegnamento	Obiettivi formativi
Biostatistics ▪ modulo A ▪ modulo B	Biostatistics and Probability: Il corso ha l'obiettivo di fornire i fondamenti di probabilità, algebra lineare e statistica che sono alla base dei metodi correntemente utilizzati per analizzare dati di tipo biologico. Biostatistical Computing: Il corso ha l'obiettivo di introdurre i metodi di base per effettuare analisi statistiche di dati di tipo biologico utilizzando strumenti di programmazione di base attraverso l'uso dell'ambiente di programmazione R. Verrà dato anche spazio ad esempi di applicazione dei metodi insegnati a casi di studio di interesse
Scientific Programming ▪ modulo A ▪ modulo B	Programming: L'obiettivo è quello di fornire le basi pratiche della programmazione in ambito scientifico tramite presentazione dei costrutti e esercitazioni in un linguaggio opportuno. Algorithms and Data Structures: L'obiettivo è di introdurre gli studenti alla risoluzione di problemi in modo computazionale attraverso la presentazione di algoritmi e della loro analisi, concentrandosi su algoritmi e strutture dati per risolvere problemi su stringhe, alberi e grafi con riferimenti alla loro complessità.
Genomics ▪ modulo A ▪ modulo B	Computational Human Genomics: Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze nelle aree di genomica strutturale, genomica funzionale ed evoluzione. Il corso fornisce elementi di analisi computazionale e quantitativa utilizzando come esempi dati sintetici e reali nel contesto di malattie umane. Computational Microbial Genomics: Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze di genomica microbica con particolare focus sull'analisi di microrganismi e di comunità microbiche da dati di sequenziamento generati con tecniche e piattaforme ad alta processività. Il corso prevede una parte di introduzione teorica agli argomenti principali di genomica microbica e una parte di esercitazione in cui gli studenti analizzeranno dati sperimentali di ultima generazione.
Biotechnology Engineering ▪ modulo A ▪ Modulo B	Genetic and Metabolic Engineering: Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze sulle tecnologie di manipolazione del DNA e l'utilizzo di vari sistemi microbici o cellulari per l'espressione controllata di geni eterologhi. Il corso fornisce inoltre conoscenze sul metabolismo cellulare e la sua regolazione, nonché sulle tecnologie che consentono di perturbare e dirigere i flussi metabolici per la produzione di molecole di interesse biotecnologico. Tissue Engineering: Il corso ha come obiettivo di introdurre gli studenti a concetti e strategie dell'ingegneria dei tessuti. Gli studenti apprenderanno come utilizzare i concetti di TE per la definizione di strategie che portino alla rigenerazione di tessuti danneggiati da traumi o patologie. Saranno anche considerati i metodi più avanzati di fabbricazione di costrutti funzionali e di selezione e modifica di polimeri. Inoltre, saranno discusse strategie per la combinazione di cellule, molecole biologiche, stimoli meccanici, e scaffold per meglio ingegnerizzare scaffold per la rigenerazione di tessuti e organi in vitro e in vivo.
Inglese B2	Accertamento della conoscenza dell'inglese, con capacità di comprendere testi scientifici scritti o parlati ad un livello almeno pari al livello B2 del Consiglio d'Europa.



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

In aggiunta ai corsi obbligatori, gli studenti del percorso "Biotechnological Track" acquisiscono almeno 36 crediti tra i corsi a scelta vincolata elencati nella tabella seguente:

Nome insegnamento	Obiettivi formativi
Molecular Physics ▪ modulo A ▪ modulo B	<p>Quantum Mechanics: L'obiettivo formativo principale di questo modulo è introdurre lo studente ai principali aspetti fenomenologici e teorici della Meccanica Quantistica. Nella prima parte vengono discussi alcuni aspetti salienti della fenomenologia fisica che emergono alle scale di tempo e di lunghezza tipiche dei sistemi molecolari, con particolare riferimento al comportamento quantistico e della radiazione e della materia. Successivamente vengono trattati a livello introduttivo l'apparato matematico e teorico della meccanica quantistica, fino alla soluzione esatta dell'equazione di Schroedinger per alcuni sistemi semplici e per l'atomo di idrogeno (relativamente al solo stato fondamentale)</p> <p>Quantum Chemistry: In questo modulo vengono discussi i principali metodi di approssimazione, comunemente utilizzati nella descrizione teorica dei sistemi molecolari. Queste competenze permettono agli studenti di comprendere il significato fisico e le potenziali limitazioni di approcci computazionali alla dinamica molecolare. La parte finale del modulo è dedicata alla derivazione di importanti concetti di chimica a partire dal formalismo della meccanica quantistica. In particolare, si discute in maniera quantitativa la derivazione dell'interazione di Van-der-Waals, del legame ionico e la teoria degli orbitali molecolari.</p>
Bioinformatics ▪ modulo A ▪ modulo B	<p>Algorithms for Bioinformatics: L'obiettivo è fornire le conoscenze sui principali algoritmi usati in bioinformatica e competenze per la loro implementazione. Al termine del modulo gli studenti saranno in grado di ricordare e discutere gli algoritmi presentati, leggere la letteratura scientifica su un algoritmo analogo e implementarlo.</p> <p>Bioinformatic Resources: L'obiettivo del modulo è coprire le principali risorse web disponibili per i bioinformatici per ottenere dati veritieri e aggiornati e svolgere analisi. Nell'ultima parte ci si concentrerà sugli strumenti disponibili per progettare, sviluppare e pubblicare nuovi strumenti per la comunità scientifica.</p>
Biological Networks and Data Analysis ▪ modulo A ▪ modulo B	<p>Network-based Data Analysis: L'obiettivo del corso è di insegnare agli studenti ad analizzare dati biologici di tipo high-throughput ed a derivare un'interpretazione funzionale degli stessi. Dopo aver appreso come analizzare vari tipi di dati utilizzando diverse metodologie correnti, ed aver acquisito familiarità con diversi tipi di reti biologiche e le loro proprietà, gli studenti impareranno come integrare le informazioni strutturali delle reti con i risultati quantitativi dell'analisi al fine di fornire una caratterizzazione funzionale dei risultati.</p> <p>Network Modeling and Simulation: Gli studenti impareranno a conoscere i processi biologici attraverso l'uso di modelli formali, dove gli aspetti principali sono quello quantitativi e dinamici. Le entità biologiche vengono studiate enfatizzando i comportamenti emergenti che risultano dalle interazioni tra le componenti del sistema biologico. Lo studente apprenderà un insieme di capacità tecniche interdisciplinari con nozioni di biologia, matematica applicata e informatica per studiare tali sistemi.</p>
Computational Biophysics ▪ modulo A ▪ modulo B	<p>Physical Modeling in Biomolecules: Il corso ha l'obiettivo di fornire le competenze di base in meccanica statistica classica di sistemi in equilibrio termodinamico, e introdurre alcune nozioni di meccanica statistica di non-equilibrio ed elementi base di fisica-chimica. Gli studenti saranno in grado di comprendere la connessione tra meccanica e termodinamica di sistemi a molte particelle e di verificare se i risultati di simulazioni numeriche sono consistenti con le condizioni teoriche attese.</p> <p>Computer Simulations of Biomolecules: Il corso fornisce gli strumenti teorici e pratici necessari per effettuare simulazioni atomistiche di dinamica molecolare e calcoli di quantità termodinamiche. Vengono illustrati i principali algoritmi per l'integrazione dell'equazione del moto e per il calcolo di quantità termodinamiche. Nella seconda parte del corso, gli studenti applicheranno queste competenze a simulazioni molecolari atomistiche effettuate tramite software professionale open source.</p>



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

Data mining ▪ modulo A ▪ modulo B	Machine Learning: Il corso ha l'obiettivo di fornire una conoscenza degli aspetti teorici e pratici dell'apprendimento automatico, delle tecniche principali di apprendimento e di ragionamento probabilistico. Al termine del percorso, gli studenti saranno in grado di descrivere le principali tecniche di apprendimento esistenti, le loro caratteristiche e limitazioni; padroneggiare le tecniche di ragionamento probabilistico; modellizzare semplici scenari probabilistici tramite reti Bayesiane; realizzare programmi di apprendimento da esempi che siano adatti alle esigenze dello specifico problema da risolvere. Laboratory of Biological Data Mining: L'obiettivo è fornire le nozioni teoriche sulle tecniche specifiche sviluppate per il mining di dati genomici e trascrittomici e le competenze pratiche per preprocessare e applicare tecniche di mining a dati biologici. Al termine del modulo gli studenti saranno in grado di ricordare e discutere le tecniche presentate, leggere la letteratura scientifica su tecniche simili, preprocessare e applicare tecniche di mining a specifici tipi di dati, riportare e presentare i risultati.
Mathematical Modeling ▪ modulo A • modulo B	Mathematical Modeling in Biology: Il corso ha lo scopo di introdurre gli studenti all'uso di modelli dinamici in biologia, concentrandosi sui modelli a compartimenti. Si insegnerà a tradurre un modello basato su diagrammi di flusso in un modello deterministico basato su equazioni differenziali ordinarie e verranno fornite le nozioni di base sui sistemi di equazioni differenziali ordinarie, e presentato software per simularle e analizzarle al computer. Gli aspetti teorici verranno discussi insieme alle applicazioni a sistemi biologici di interesse, come le reazioni enzimatiche, le reti molecolari, i neuroni ed altri sistemi eccitabili, le interazioni virus-sistema immunitario, le catene alimentari in ecologia. Spatio-temporal Models in Cell and Tissue Biology: Il corso ha l'obiettivo, prima di tutto, di introdurre gli studenti alla modellizzazione dei fenomeni di diffusione e trasporto tramite equazioni a derivate parziali e loro analoghi discreti. Inoltre si mostrerà come equazioni semplici di tipo reazione-diffusione usate in biologia danno luogo a fenomeni macroscopici spazio-temporali come onde viaggianti piane o a spirale, oppure pattern caratteristici (fenomeno di Turing). Il corso richiederà agli studenti di svolgere simulazioni al computer di modelli recenti in varie aree della biologia (ad esempio spike nei neuroni, crescita tumorale, interazioni virus-sistema immunitario).
Biotechnology Management and Regulations ▪ modulo A ▪ modulo B	Economics and Management: L'obiettivo del corso è quello di fornire concetti economici e sociali di base per esplorare aspetti di innovazione e imprenditorialità, da una prospettiva di business e di ricerca, con particolare attenzione alle sfide socio-economiche attuali e future. Biotechnology Regulations: Il corso si propone di fornire le principali nozioni sugli aspetti organizzativi, gestionali e regolatori del processo di ricerca e sviluppo di farmaci, dispositivi biomedici e prodotti biotecnologici. Il corso tratterà anche della distinzione "scoperta-invenzione" nell'ambito della ricerca scientifica e dei vari strumenti che consentono la protezione della proprietà intellettuale in generale e, in particolare, nel settore biotecnologico. A completamento del progetto formativo, gli studenti potranno mettere in pratica le stesse nozioni nel contesto dello sviluppo di un progetto R&D che verrà svolto in gruppi.



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

PERCORSO COMPUTATIONAL TRACK:

Nome insegnamento	Obiettivi formativi
Molecular Biology of the Cell <ul style="list-style-type: none"> ▪ modulo A ▪ modulo B 	<p>Molecular Basis of Cell Structure and Function: Il corso ha l'obiettivo di far acquisire le informazioni essenziali circa il piano organizzativo delle cellule eucariote e procariote. In particolare fornire riferimenti di base sulle strutture cellulari, sul metabolismo basale degli acidi nucleici, delle proteine e dei lipidi cellulari. Inoltre utilizzando le conoscenze cellulari e molecolari ottenute durante il corso sarà possibile apprendere alcune applicazioni biotecnologiche sviluppate negli ultimi anni.</p> <p>Cellular and Molecular Dynamics: Il corso ha l'obiettivo fornire conoscenze sulle dinamiche cellulari, con particolare riferimento ai meccanismi di trasduzione di segnale e di trafficking delle proteine. Il corso fornirà le conoscenze fondamentali sulla struttura e la funzione delle strutture intracellulari presenti nella cellula eucariotica e sulle basi molecolari dei processi fisiologici in cui questi sono coinvolti. Infine, il corso si propone di far acquisire gli strumenti che consentano di comprendere ed interpretare i dati scientifici della letteratura internazionale.</p>
Chemistry and Biochemistry <ul style="list-style-type: none"> ▪ modulo A ▪ modulo B 	<p>Organic and Biological Chemistry: Il corso ha l'obiettivo di fornire le nozioni principali sulla base chimica dei processi biologici. Sono trattate le principali classi chimiche e la loro reattività. Vengono quindi prese in esame le macromolecole biologiche e le loro interazioni molecolari nell'ambiente cellulare, la struttura e la dinamica delle proteine in relazione alle possibili funzioni, nonché le principali vie metaboliche. Al termine del corso, lo studente sarà in grado di comprendere i principi alla base della struttura, funzione e interazione dei principali processi organici e biochimici</p> <p>Experimental and Computational Biochemistry: L'obiettivo principale del corso è di fornire gli strumenti per studiare e comprendere la struttura, funzione e interazione di macromolecole in organismi viventi. Al termine del corso, lo studente sarà in grado di comprendere le più diffuse e recenti tecniche per studiare le macromolecole biologiche e le loro interazioni, pianificare esperimenti volti alla separazione e l'identificazione di complesse miscele di macromolecole, analizzare mediante tecniche computazionali il folding e misfolding proteico, nonché l'interazione con piccole molecole di interesse farmacologico.</p>
Biological Networks and Data Analysis <ul style="list-style-type: none"> ▪ modulo A ▪ modulo B 	<p>Network-based Data Analysis: L'obiettivo del corso è di insegnare agli studenti ad analizzare dati biologici di tipo high- throughput ed a derivare un'interpretazione funzionale degli stessi. Dopo aver appreso come analizzare vari tipi di dati utilizzando diverse metodologie correnti, ed aver acquisito familiarità con diversi tipi di reti biologiche e le loro proprietà, gli studenti impareranno come integrare le informazioni strutturali delle reti con i risultati quantitativi dell'analisi al fine di fornire una caratterizzazione funzionale dei risultati.</p> <p>Network Modeling and Simulation: Gli studenti impareranno a conoscere i processi biologici attraverso l'uso di modelli formali, dove gli aspetti principali sono quello quantitativi e dinamici. Le entità biologiche vengono studiate enfatizzando i comportamenti emergenti che risultano dalle interazioni tra le componenti del sistema biologico. Lo studente apprenderà un insieme di capacità tecniche interdisciplinari con nozioni di biologia, matematica applicata e informatica per studiare tali sistemi.</p>
Mathematical Modeling <ul style="list-style-type: none"> ▪ modulo A ▪ modulo B 	<p>Mathematical Modeling in Biology: Il corso ha lo scopo di introdurre gli studenti all'uso di modelli dinamici in biologia, concentrandosi sui modelli a compartimenti. Si insegnerà a tradurre un modello basato su diagrammi di flusso in un modello deterministico basato su equazioni differenziali ordinarie e verranno fornite le nozioni di base sui sistemi di equazioni differenziali ordinarie, e presentato software per simularle e analizzarle al computer. Gli aspetti teorici verranno discussi insieme alle applicazioni a sistemi biologici di interesse, come le reazioni enzimatiche, le reti molecolari, i neuroni ed altri sistemi eccitabili, le interazioni virus-sistema immunitario, le catene alimentari in ecologia.</p> <p>Spatio-temporal Models in Cell and Tissue Biology: Il corso ha l'obiettivo, prima di tutto, di introdurre gli studenti alla modellizzazione dei fenomeni di diffusione e trasporto tramite equazioni a derivate parziali e loro analoghi discreti. Inoltre si mostrerà come equazioni semplici di tipo reazione-diffusione usate in biologia danno luogo a fenomeni macroscopici spatio-temporali come onde viaggianti piane o a spirale, oppure pattern caratteristici (fenomeno di Turing). Il corso richiederà agli studenti di svolgere simulazioni al computer di modelli recenti in varie aree della biologia (ad esempio spike nei neuroni, crescita tumorale, interazioni virus-sistema immunitario).</p>
Inglese B2	<p>Accertamento della conoscenza dell'inglese, con capacità di comprendere testi scientifici scritti o parlati ad un livello almeno pari al livello B2 del Consiglio d'Europa.</p>



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

In aggiunta ai corsi obbligatori, gli studenti del percorso "Computational Track" acquisiscono almeno 36 crediti tra i corsi a scelta vincolata elencati nella tabella seguente:

Nome insegnamento	Obiettivi formativi
Molecular Physics ▪ modulo A ▪ modulo B	Quantum Mechanics: L'obiettivo formativo principale di questo modulo è introdurre lo studente ai principali aspetti fenomenologici e teorici della Meccanica Quantistica. Nella prima parte vengono discussi alcuni aspetti salienti della fenomenologia fisica che emergono alle scale di tempo e di lunghezza tipiche dei sistemi molecolari, con particolare riferimento al comportamento quantistico e della radiazione e della materia. Successivamente vengono trattati a livello introduttivo l'apparato matematico e teorico della meccanica quantistica, fino alla soluzione esatta dell'equazione di Schroedinger per alcuni sistemi semplici e per l'atomo di idrogeno (relativamente al solo stato fondamentale) Quantum Chemistry: In questo modulo vengono discussi i principali metodi di approssimazione, comunemente utilizzati nella descrizione teorica dei sistemi molecolari. Queste competenze permettono agli studenti di comprendere il significato fisico e le potenziali limitazioni di approcci computazionali alla dinamica molecolare. La parte finale del modulo è dedicata alla derivazione di importanti concetti di chimica a partire dal formalismo della meccanica quantistica. In particolare, si discute in maniera quantitativa la derivazione dell'interazione di Van-der-Waals, del legame ionico e la teoria degli orbitali molecolari.
Scientific Programming ▪ modulo A • modulo B	Programming: L'obiettivo è quello di fornire le basi pratiche della programmazione in ambito scientifico tramite presentazione dei costrutti e esercitazioni in un linguaggio opportuno. Algorithms and Data Structures: L'obiettivo è di introdurre gli studenti alla risoluzione di problemi in modo computazionale attraverso la presentazione di algoritmi e della loro analisi, concentrandosi su algoritmi e strutture dati per risolvere problemi su stringhe, alberi e grafi con riferimenti alla loro complessità.
Bioinformatics ▪ modulo A ▪ modulo B	Algorithms for Bioinformatics: L'obiettivo è fornire le conoscenze sui principali algoritmi usati in bioinformatica e competenze per la loro implementazione. Al termine del modulo gli studenti saranno in grado di ricordare e discutere gli algoritmi presentati, leggere la letteratura scientifica su un algoritmo analogo e implementarlo. Bioinformatic Resources: L'obiettivo del modulo è coprire le principali risorse web disponibili per i bioinformatici per ottenere dati veritieri e aggiornati e svolgere analisi. Nell'ultima parte ci si concentrerà sugli strumenti disponibili per progettare, sviluppare e pubblicare nuovi strumenti per la comunità scientifica.
Computational Biophysics ▪ modulo A ▪ modulo B	Physical Modeling in Biomolecules: Il corso ha l'obiettivo di fornire le competenze di base in meccanica statistica classica di sistemi in equilibrio termodinamico. e introdurre alcune nozioni di meccanica statistica di non-equilibrio ed elementi base di fisica-chimica. Gli studenti saranno in grado di comprendere la connessione tra meccanica e termodinamica di sistemi a molte particelle e di verificare se i risultati di simulazioni numeriche sono consistenti con le condizioni teoriche attese. Computer Simulations of Biomolecules: Il corso fornisce gli strumenti teorici e pratici necessari per effettuare simulazioni atomistiche di dinamica molecolare e calcoli di quantità termodinamiche. Vengono illustrati i principali algoritmi per l'integrazione dell'equazione del moto e per il calcolo di quantità termodinamiche. Nella seconda parte del corso, gli studenti applicheranno queste competenze a simulazioni molecolari atomistiche effettuate tramite software professionale open source.
Data Mining ▪ modulo A ▪ modulo B	Machine Learning: Il corso ha l'obiettivo di fornire una conoscenza degli aspetti teorici e pratici dell'apprendimento automatico, delle tecniche principali di apprendimento e di ragionamento probabilistico. Al termine del percorso, gli studenti saranno in grado di descrivere le principali tecniche di apprendimento esistenti, le loro caratteristiche e limitazioni; padroneggiare le tecniche di ragionamento probabilistico; modellizzare semplici scenari probabilistici tramite reti Bayesiane; realizzare programmi di apprendimento da esempi che siano adatti alle esigenze dello specifico problema da risolvere. Laboratory of Biological Data Mining: L'obiettivo è fornire le nozioni teoriche sulle tecniche specifiche sviluppate per il mining di dati genomici e trascrittomici e le competenze pratiche per preprocessare e applicare tecniche di mining a dati biologici. Al termine del modulo gli studenti saranno in grado di ricordare e discutere le tecniche presentate, leggere la letteratura scientifica su tecniche simili, preprocessare e applicare tecniche di mining a specifici tipi di dati, riportare e presentare i risultati.



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

Biotechnology Management and Regulations	Economics and Management: L'obiettivo del corso è quello di fornire concetti economici e sociali di base per esplorare aspetti di innovazione e imprenditorialità, da una prospettiva di business e di ricerca, con particolare attenzione alle sfide socio-economiche attuali e future.
▪ modulo A	Biotechnology Regulations: Il corso si propone di fornire le principali nozioni sugli aspetti organizzativi, gestionali e regolatori del processo di ricerca e sviluppo di farmaci, dispositivi biomedici e prodotti biotecnologici. Il corso tratterà anche della distinzione "scoperta-invenzione" nell'ambito della ricerca scientifica e dei vari strumenti che consentono la protezione della proprietà intellettuale in generale e, in particolare, nel settore biotecnologico. A completamento del progetto formativo, gli studenti potranno mettere in pratica le stesse nozioni nel contesto dello sviluppo di un progetto R&D che verrà svolto in gruppi.
▪ modulo B	
Stochastic models	Statistical models: presenta in modo sistematico alcuni modelli statistici di base (linear models, generalized linear models, generalized linear mixed models) con molteplici applicazioni biologiche. Il corso prevederà esercitazioni in cui si implementeranno tali metodi nell'ambiente di programmazione R
▪ modulo A	
• modulo B	Stochastic processes. Il corso fornisce elementi di base della teoria e alcune applicazioni dei processi di Markov a tempo discreto e continuo, in particolare su quelli a stati discreti. Le applicazioni includeranno esempi di tipo biologico.

P



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

ERCORSO PHYSICAL TRACK:

Nome insegnamento	Obiettivi formativi
Molecular Biology of the Cell <ul style="list-style-type: none">▪ modulo A ▪ modulo B	Molecular Basis of Cell Structure and Function: Il corso ha l'obiettivo di far acquisire le informazioni essenziali circa il piano organizzativo delle cellule eucariote e procariote. In particolare fornire riferimenti di base sulle strutture cellulari, sul metabolismo basale degli acidi nucleici, delle proteine e dei lipidi cellulari. Inoltre utilizzando le conoscenze cellulari e molecolari ottenute durante il corso sarà possibile apprendere alcune applicazioni biotecnologiche sviluppate negli ultimi anni. Cellular and Molecular Dynamics: Il corso ha l'obiettivo fornire conoscenze sulle dinamiche cellulari, con particolare riferimento ai meccanismi di trasduzione di segnale e di trafficking delle proteine. Il corso fornirà le conoscenze fondamentali sulla struttura e la funzione delle strutture intracellulari presenti nella cellula eucariotica e sulle basi molecolari dei processi fisiologici in cui questi sono coinvolti. Infine, il corso si propone di far acquisire gli strumenti che consentano di comprendere ed interpretare i dati scientifici della letteratura internazionale.
Organic and Biological Chemistry	Organic and Biological Chemistry: Il corso ha l'obiettivo di fornire le nozioni principali sulla base chimica dei processi biologici. Sono trattate le principali classi chimiche e la loro reattività. Vengono quindi prese in esame le macromolecole biologiche e le loro interazioni molecolari nell'ambiente cellulare, la struttura e la dinamica delle proteine in relazione alle possibili funzioni, nonché le principali vie metaboliche. Al termine del corso, lo studente sarà in grado di comprendere i principi alla base della struttura, funzione e interazione dei principali processi organici e biochimici
Algorithms and Data Structures	Algorithms and Data Structure: L'obiettivo è di introdurre gli studenti alla risoluzione di problemi in modo computazionale attraverso la presentazione di algoritmi e della loro analisi, concentrandosi su algoritmi e strutture dati per risolvere problemi su stringhe, alberi e grafi con riferimenti alla loro complessità.
Genetic and Metabolic Engineering	Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze sulle tecnologie di manipolazione del DNA e l'utilizzo di vari sistemi microbici o cellulari per l'espressione controllata di geni eterologhi. Il corso fornisce inoltre conoscenze sul metabolismo cellulare e la sua regolazione, nonché sulle tecnologie che consentono di perturbare e dirigere i flussi metabolici per la produzione di molecole di interesse biotecnologico
Machine Learning	Machine Learning: Il corso ha l'obiettivo di fornire una conoscenza degli aspetti teorici e pratici dell'apprendimento automatico, delle tecniche principali di apprendimento e di ragionamento probabilistico. Al termine del percorso, gli studenti saranno in grado di descrivere le principali tecniche di apprendimento esistenti, le loro caratteristiche e limitazioni; padroneggiare le tecniche di ragionamento probabilistico; modellizzare semplici scenari probabilistici tramite reti Bayesiane; realizzare programmi di apprendimento da esempi che siano adatti alle esigenze dello specifico problema da risolvere.
Computational Biophysics <ul style="list-style-type: none">▪ modulo A ▪ modulo B	Physical Modeling in Biomolecules: Il corso ha l'obiettivo di fornire le competenze di base in meccanica statistica classica di sistemi in equilibrio termodinamico. e introdurre alcune nozioni di meccanica statistica di non-equilibrio ed elementi base di fisica-chimica. Gli studenti saranno in grado di comprendere la connessione tra meccanica e termodinamica di sistemi a molte particelle e di verificare se i risultati di simulazioni numeriche sono consistenti con le condizioni teoriche attese. Computer Simulations of Biomolecules: Il corso fornisce gli strumenti teorici e pratici necessari per effettuare simulazioni atomistiche di dinamica molecolare e calcoli di quantità termodinamiche. Vengono illustrati i principali algoritmi per l'integrazione dell'equazione del moto e per il calcolo di quantità termodinamiche. Nella seconda parte del corso, gli studenti applicheranno queste competenze a simulazioni molecolari atomistiche effettuate tramite software professionale open source.
Inglese B2	Accertamento della conoscenza dell'inglese, con capacità di comprendere testi scientifici scritti o parlati ad un livello almeno pari al livello B2 del Consiglio d'Europa.



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

In aggiunta ai corsi obbligatori, gli studenti del percorso "Physical Track" acquisiscono almeno 36 crediti tra i corsi a scelta vincolata elencati nella tabella seguente:

Nome insegnamento	Obiettivi formativi
Programming	Programming: L'obiettivo è quello di fornire le basi pratiche della programmazione in ambito scientifico tramite presentazione dei costrutti e esercitazioni in un linguaggio opportuno
Bioinformatics ▪ modulo A ▪ modulo B	Algorithms for Bioinformatics: L'obiettivo è fornire le conoscenze sui principali algoritmi usati in bioinformatica e competenze per la loro implementazione. Al termine del modulo gli studenti saranno in grado di ricordare e discutere gli algoritmi presentati, leggere la letteratura scientifica su un algoritmo analogo e implementarlo. Bioinformatic Resources: L'obiettivo del modulo è coprire le principali risorse web disponibili per i bioinformatici per ottenere dati veritieri e aggiornati e svolgere analisi. Nell'ultima parte ci si concentrerà sugli strumenti disponibili per progettare, sviluppare e pubblicare nuovi strumenti per la comunità scientifica.
Biological Networks and Data Analysis ▪ modulo A ▪ modulo B	Network-based Data Analysis: L'obiettivo del corso è di insegnare agli studenti ad analizzare dati biologici di tipo high- throughput ed a derivare un'interpretazione funzionale degli stessi. Dopo aver appreso come analizzare vari tipi di dati utilizzando diverse metodologie correnti, ed aver acquisito familiarità con diversi tipi di reti biologiche e le loro proprietà, gli studenti impareranno come integrare le informazioni strutturali delle reti con i risultati quantitativi dell'analisi al fine di fornire una caratterizzazione funzionale dei risultati. Network Modeling and Simulation: Gli studenti impareranno a conoscere i processi biologici attraverso l'uso di modelli formali, dove gli aspetti principali sono quello quantitativi e dinamici. Le entità biologiche vengono studiate enfatizzando i comportamenti emergenti che risultano dalle interazioni tra le componenti del sistema biologico. Lo studente apprenderà un insieme di capacità tecniche interdisciplinari con nozioni di biologia, matematica applicata e informatica per studiare tali sistemi.
Theoretical methods for soft matter ▪ modulo A ▪ modulo B	Statistical field theory: In questo corso gli studenti apprendono strumenti avanzati di fisica statistica che sono necessari per lo studio delle proprietà dinamiche e di equilibrio dei sistemi complessi, quali sono i sistemi macromolecolari di interesse biologico. Nel corso si discute il formalismo di proiezione che porta alla derivazione dell'equazione di Langevin partendo dal formalismo Hamiltoniano, il formalismo degli integrali di cammino e la derivazione delle regole di Feynman, la fisica statistica dei processi reattivi (transition path theory) e la riduzione della dinamica stocastica a livello di discreto (Markov State Models). Infine, nell'ultima parte del corso viene presentata la teoria dei polimeri nel formalismo dei campi statistici Multi-scale methods in soft matter: Lo scopo del corso è di fornire agli studenti gli strumenti necessari allo studio computazionale della materia soffice. L'argomento verrà introdotto a partire da una definizione di materia soffice intuitiva, quindi via via più formale e quantitativa. I metodi teorici impiegati verranno ripassati o spiegati ex novo, a coprire elementi selezionati di termodinamica, meccanica statistica e simulazione. Una frazione considerevole del corso verrà dedicata ai modelli e metodi coarse-grained, ossia la riduzione sistematica di complessità di strutture e interazioni a partire da un modello a risoluzione maggiore. Verranno discussi anche metodi di enhanced sampling e calcolo di energie libere. Infine si presenteranno alcuni degli approcci di modellizzazione e simulazione attualmente di frontiera nello studio computazionale della materia soffice.
Laboratory of Biological Data Mining	Laboratory of Biological Data Mining: L'obiettivo è fornire le nozioni teoriche sulle tecniche specifiche sviluppate per il mining di dati genomici e trascrittomici e le competenze pratiche per preprocessare e applicare tecniche di mining a dati biologici. Al termine del modulo gli studenti saranno in grado di ricordare e discutere le tecniche presentate, leggere la letteratura scientifica su tecniche simili, preprocessare e applicare tecniche di mining a specifici tipi di dati, riportare e presentare i risultati.
Quantum Chemistry	Quantum Chemistry: In questo modulo vengono discussi i principali metodi di approssimazione, comunemente utilizzati nella descrizione teorica dei sistemi molecolari. Queste competenze permettono agli studenti di comprendere il significato fisico e le potenziali limitazioni di approcci computazionali alla dinamica molecolare. La parte finale del modulo è dedicata alla derivazione di importanti concetti di chimica a partire dal formalismo della meccanica quantistica. In particolare, si discute in maniera quantitativa la derivazione dell'interazione di Van-der-Waals, del legame ionico e la teoria degli orbitali molecolari.



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

Mathematical Modeling	Mathematical Modeling in Biology: Il corso ha lo scopo di introdurre gli studenti all'uso di modelli dinamici in biologia, concentrandosi sui modelli a compartimenti. Si insegnerà a tradurre un modello basato su diagrammi di flusso in un modello deterministico basato su equazioni differenziali ordinarie e verranno fornite le nozioni di base sui sistemi di equazioni differenziali ordinarie, e presentato software per simularle e analizzarle al computer. Gli aspetti teorici verranno discussi insieme alle applicazioni a sistemi biologici di interesse, come le reazioni enzimatiche, le reti molecolari, i neuroni ed altri sistemi eccitabili, le interazioni virus-sistema immunitario, le catene alimentari in ecologia.
▪ modulo A	
▪ modulo B	Spatio-temporal Models in Cell and Tissue Biology: Il corso ha l'obiettivo, prima di tutto, di introdurre gli studenti alla modellizzazione dei fenomeni di diffusione e trasporto tramite equazioni a derivate parziali e loro analoghi discreti. Inoltre si mostrerà come equazioni semplici di tipo reazione-diffusione usate in biologia danno luogo a fenomeni macroscopici spazio-temporali come onde viaggianti piane o a spirale, oppure pattern caratteristici (fenomeno di Turing). Il corso richiederà agli studenti di svolgere simulazioni al computer di modelli recenti in varie aree della biologia (ad esempio spike nei neuroni, crescita tumorale, interazioni virus-sistema immunitario).
Biotechnology Management and Regulations	Economics and Management: L'obiettivo del corso è quello di fornire concetti economici e sociali di base per esplorare aspetti di innovazione e imprenditorialità, da una prospettiva di business e di ricerca, con particolare attenzione alle sfide socio-economiche attuali e future.
▪ modulo A	Biotechnology Regulations: Il corso si propone di fornire le principali nozioni sugli aspetti organizzativi, gestionali e regolatori del processo di ricerca e sviluppo di farmaci, dispositivi biomedici e prodotti biotecnologici. Il corso tratterà anche della distinzione "scoperta-invenzione" nell'ambito della ricerca scientifica e dei vari strumenti che consentono la protezione della proprietà intellettuale in generale e, in particolare, nel settore biotecnologico. A completamento del progetto formativo, gli studenti potranno mettere in pratica le stesse nozioni nel contesto dello sviluppo di un progetto R&D che verrà svolto in gruppi.
▪ modulo B	



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

PERCORSO BIOC COMPUTATIONAL TRACK:

Nome insegnamento	Obiettivi formativi
Quantum Mechanics (<i>modulo A di Quantum physics</i>)	L'obiettivo formativo principale di questo modulo è introdurre lo studente ai principali aspetti fenomenologici e teorici della Meccanica Quantistica. Nella prima parte vengono discussi alcuni aspetti salienti della fenomenologia fisica che emergono alle scale di tempo e di lunghezza tipiche dei sistemi molecolari, con particolare riferimento al comportamento quantistico e della radiazione e della materia. Successivamente vengono trattati a livello introduttivo l'apparato matematico e teorico della meccanica quantistica, fino alla soluzione esatta dell'equazione di Schrodinger per alcuni sistemi semplici e per l'atomo di idrogeno (relativamente al solo stato fondamentale)
Experimental and Computational Biochemistry (<i>modulo B di Chemistry and Biochemistry</i>)	L'obiettivo principale del corso è di fornire gli strumenti per studiare e comprendere la struttura, funzione e interazione di macromolecole in organismi viventi. Al termine del corso, lo studente sarà in grado di comprendere le più diffuse e recenti tecniche per studiare le macromolecole biologiche e le loro interazioni, pianificare esperimenti volti alla separazione e l'identificazione di complesse miscele di macromolecole, analizzare mediante tecniche computazionali il folding e misfolding proteico, nonché l'interazione con piccole molecole di interesse farmacologico.
Data mining <ul style="list-style-type: none">▪ modulo A▪ modulo B	Machine Learning: Il corso ha l'obiettivo di fornire una conoscenza degli aspetti teorici e pratici dell'apprendimento automatico, delle tecniche principali di apprendimento e di ragionamento probabilistico. Al termine del percorso, gli studenti saranno in grado di descrivere le principali tecniche di apprendimento esistenti, le loro caratteristiche e limitazioni; padroneggiare le tecniche di ragionamento probabilistico; modellizzare semplici scenari probabilistici tramite reti Bayesiane; realizzare programmi di apprendimento da esempi che siano adatti alle esigenze dello specifico problema da risolvere. Laboratory of Biological Data Mining: L'obiettivo è fornire le nozioni teoriche sulle tecniche specifiche sviluppate per il mining di dati genomici e trascrittomici e le competenze pratiche per preprocessare e applicare tecniche di mining a dati biologici. Al termine del modulo gli studenti saranno in grado di ricordare e discutere le tecniche presentate, leggere la letteratura scientifica su tecniche simili, preprocessare e applicare tecniche di mining a specifici tipi di dati, riportare e presentare i risultati.
Genomics <ul style="list-style-type: none">▪ modulo A▪ modulo B	Computational Human Genomics: Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze nelle aree di genomica strutturale, genomica funzionale ed evoluzione. Il corso fornisce elementi di analisi computazionale e quantitativa utilizzando come esempi dati sintetici e reali nel contesto di malattie umane. Computational Microbial Genomics: Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze di genomica microbica con particolare focus sull'analisi di microorganismi e di comunità microbiche da dati di sequenziamento generati con tecniche e piattaforme ad alta processività. Il corso prevede una parte di introduzione teorica agli argomenti principali di genomica microbica e una parte di esercitazione in cui gli studenti analizzeranno dati sperimentali di ultima generazione.
Biotechnology Engineering <ul style="list-style-type: none">▪ modulo A▪ modulo B	Genetic and Metabolic Engineering: Il corso ha l'obiettivo di fornire conoscenze sulle tecnologie di manipolazione del DNA e l'utilizzo di vari sistemi microbici o cellulari per l'espressione controllata di geni eterologhi. Il corso fornisce inoltre conoscenze sul metabolismo cellulare e la sua regolazione, nonché sulle tecnologie che consentono di perturbare e dirigere i flussi metabolici per la produzione di molecole di interesse biotecnologico. Tissue Engineering: Il corso ha come obiettivo di introdurre gli studenti a concetti e strategie dell'ingegneria dei tessuti. Gli studenti apprenderanno come utilizzare i concetti di TE per la definizione di strategie che portino alla rigenerazione di tessuti danneggiati da traumi o patologie. Saranno anche considerati i metodi più avanzati di fabbricazione di costrutti funzionali e di selezione e modifica di polimeri. Inoltre, saranno discusse strategie per la combinazione di cellule, molecole biologiche, stimoli meccanici, e scaffold per meglio ingegnerizzare scaffold per la rigenerazione di tessuti e organi in vitro e in vivo.
Inglese B2	Accertamento della conoscenza dell'inglese, con capacità di comprendere testi scientifici scritti o parlati ad un livello almeno pari al livello B2 del Consiglio d'Europa.



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

In aggiunta ai corsi obbligatori, gli studenti del percorso “Biocomputational Track” acquisiscono almeno 36 crediti tra i corsi a scelta vincolata elencati nella tabella seguente:

Nome insegnamento	Obiettivi formativi
Quantum chemistry (<i>modulo B di Quantum physics</i>)	In questo modulo vengono discussi i principali metodi di approssimazione, comunemente utilizzati nella descrizione teorica dei sistemi molecolari. Queste competenze permettono agli studenti di comprendere il significato fisico e le potenziali limitazioni di approcci computazionali alla dinamica molecolare. La parte finale del modulo è dedicata alla derivazione di importanti concetti di chimica a partire dal formalismo della meccanica quantistica. In particolare, si discute in maniera quantitativa la derivazione dell'interazione di Van-der-Waals, del legame ionico e la teoria degli orbitali molecolari.
Bioinformatics ▪ modulo A ▪ modulo B	Algorithms for Bioinformatics: L'obiettivo è fornire le conoscenze sui principali algoritmi usati in bioinformatica e competenze per la loro implementazione. Al termine del modulo gli studenti saranno in grado di ricordare e discutere gli algoritmi presentati, leggere la letteratura scientifica su un algoritmo analogo e implementarlo. Bioinformatic Resources: L'obiettivo del modulo è coprire le principali risorse web disponibili per i bioinformatici per ottenere dati veritieri e aggiornati e svolgere analisi. Nell'ultima parte ci si concentrerà sugli strumenti disponibili per progettare, sviluppare e pubblicare nuovi strumenti per la comunità scientifica.
Biological Networks and Data Analysis ▪ modulo A ▪ modulo B	Network-based Data Analysis: L'obiettivo del corso è di insegnare agli studenti ad analizzare dati biologici di tipo high- throughput ed a derivare un'interpretazione funzionale degli stessi. Dopo aver appreso come analizzare vari tipi di dati utilizzando diverse metodologie correnti, ed aver acquisito familiarità con diversi tipi di reti biologiche e le loro proprietà, gli studenti impareranno come integrare le informazioni strutturali delle reti con i risultati quantitativi dell'analisi al fine di fornire una caratterizzazione funzionale dei risultati. Network Modeling and Simulation: Gli studenti impareranno a conoscere i processi biologici attraverso l'uso di modelli formali, dove gli aspetti principali sono quello quantitativi e dinamici. Le entità biologiche vengono studiate enfatizzando i comportamenti emergenti che risultano dalle interazioni tra le componenti del sistema biologico. Lo studente apprenderà un insieme di capacità tecniche interdisciplinari con nozioni di biologia, matematica applicata e informatica per studiare tali sistemi.
Computational Biophysics ▪ modulo A • modulo B	Physical Modeling in Biomolecules: Il corso ha l'obiettivo di fornire le competenze di base in meccanica statistica classica di sistemi in equilibrio termodinamico. e introdurre alcune nozioni di meccanica statistica di non-equilibrio ed elementi base di fisica-chimica. Gli studenti saranno in grado di comprendere la connessione tra meccanica e termodinamica di sistemi a molte particelle e di verificare se i risultati di simulazioni numeriche sono consistenti con le condizioni teoriche attese. Computer Simulations of Biomolecules: Il corso fornisce gli strumenti teorici e pratici necessari per effettuare simulazioni atomistiche di dinamica molecolare e calcoli di quantità termodinamiche. Vengono illustrati i principali algoritmi per l'integrazione dell'equazione del moto e per il calcolo di quantità termodinamiche. Nella seconda parte del corso, gli studenti applicheranno queste competenze a simulazioni molecolari atomistiche effettuate tramite software professionale open source.
Stochastic models ▪ modulo A ▪ modulo B	Statistical models: presenta in modo sistematico alcuni modelli statistici di base (linear models, generalized linear models, generalized linear mixed models) con molteplici applicazioni biologiche. Il corso prevederà esercitazioni in cui si implementeranno tali metodi nell'ambiente di programmazione R Stochastic processes. Il corso fornisce elementi di base della teoria e alcune applicazioni dei processi di Markov a tempo discreto e continuo, in particolare su quelli a stati discreti. Le applicazioni includeranno esempi di tipo biologico
Mathematical Modeling ▪ modulo A • modulo B	Mathematical Modeling in Biology: Il corso ha lo scopo di introdurre gli studenti all'uso di modelli dinamici in biologia, concentrandosi sui modelli a compartimenti. Si insegnerà a tradurre un modello basato su diagrammi di flusso in un modello deterministico basato su equazioni differenziali ordinarie e verranno fornite le nozioni di base sui sistemi di equazioni differenziali ordinarie, e presentato software per simularle e analizzarle al computer. Gli aspetti teorici verranno discussi insieme alle applicazioni a sistemi biologici di interesse, come le reazioni enzimatiche, le reti molecolari, i neuroni ed altri sistemi eccitabili, le interazioni virus-sistema immunitario, le catene alimentari in ecologia. Spatio-temporal Models in Cell and Tissue Biology: Il corso ha l'obiettivo, prima di tutto, di introdurre gli studenti alla modellizzazione dei fenomeni di diffusione e trasporto tramite equazioni a derivate parziali e loro analoghi discreti. Inoltre si mostrerà come equazioni semplici di tipo reazione-diffusione usate in biologia danno



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

	<p>luogo a fenomeni macroscopici spazio-temporali come onde viaggianti piane o a spirale, oppure pattern caratteristici (fenomeno di Turing). Il corso richiederà' agli studenti di svolgere simulazioni al computer di modelli recenti in varie aree della biologia (ad esempio spike nei neuroni, crescita tumorale, interazioni virus-sistema immunitario).</p>
<p>Biotechnology Management and Regulations</p> <ul style="list-style-type: none">• modulo A• modulo B	<p>Economics and Management: L'obiettivo del corso è quello di fornire concetti economici e sociali di base per esplorare aspetti di innovazione e imprenditorialità, da una prospettiva di business e di ricerca, con particolare attenzione alle sfide socio-economiche attuali e future.</p> <p>Biotechnology Regulations: Il corso si propone di fornire le principali nozioni sugli aspetti organizzativi, gestionali e regolatori del processo di ricerca e sviluppo di farmaci, dispositivi biomedici e prodotti biotecnologici. Il corso tratterà anche della distinzione "scoperta-invenzione" nell'ambito della ricerca scientifica e dei vari strumenti che consentono la protezione della proprietà intellettuale in generale e, in particolare, nel settore biotecnologico. A completamento del progetto formativo, gli studenti potranno mettere in pratica le stesse nozioni nel contesto dello sviluppo di un progetto R&D che verrà svolto in gruppi.</p>
<p>Knowledge and Data Integration</p>	<p>Questo corso affronta una delle cinque tematiche (le 5 V) che sono centrali nei "big data", ossia "variety". E' un corso che crea le competenze di "Data Scientist" Il corso mira a fornire allo studente gli strumenti, metodologie e tecnologie, necessarie per affrontare con successo e minimo sforzo il problema del modeling e della integrazione di dati che sono contenuti in data base eterogenei o nel Web</p>

La lista degli esami si completa con almeno 12 crediti a scelta libera fra tutti i corsi attivi presso il Centro di Biologia Integrata, il Dipartimento di Ingegneria e Scienza dell'Informazione, il Dipartimento di Fisica e il Dipartimento di Matematica. Possono anche essere scelti corsi dei percorsi "Biotechnological Track", "Computational Track", "Physical Track" e "Biocomputational Track" non inseriti nel proprio piano di studi o corsi attivi presso altri Dipartimenti o Centri, mediante approvazione del piano degli studi.



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

Tabella 2 – Articolazione del “Corso di laurea magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale - PERCORSO BIOTECHNOLOGICAL TRACK” per la coorte a.a. 2020/2021

I ANNO DI CORSO

Insegnamenti obbligatori

Nome insegnamento	CFU	SSD	Tipo attività formativa	Propedeuticità
Biostatistics				
▪ modulo Biostatistics and Probability	6	MAT/06	affine integrativa	---
▪ modulo Biostatistical Computing	6	INF/01		
Scientific Programming				
▪ modulo Algorithms and Data Structures	6	INF/01	affine integrativa	---
▪ modulo Programming	6	INF/01		
Genomics				
▪ modulo Computational Human Genomics	6	BIO/11	caratterizzante	---
▪ modulo Computational Microbial Genomics	6	BIO/19		
Biotechnology Engineering				
▪ modulo Genetic and Metabolic Engineering	6	ING/IND 34	caratterizzante	---
▪ modulo Tissue Engineering	6	ING/IND 34		
Inglese B2	3	L-LIN/12	ulteriori attività formative	---

I e II ANNO DI CORSO

36 crediti a scelta fra:

Nome insegnamento	CFU	SSD	Tipo attività formativa	Propedeuticità
Molecular Physics				
▪ modulo Quantum mechanics	6	FIS/01	caratterizzante	---
▪ modulo Quantum chemistry	6	FIS/02		
Bioinformatics				
▪ modulo Algorithms for Bioinformatics	6	ING-INF/05	caratterizzante	---
▪ modulo Bioinformatic Resources	6	INF/01		
Biological Networks and Data Analysis				
▪ modulo Network-based Data Analysis	6	INF/01	caratterizzante	---
▪ modulo Network Modelling and Simulation	6	INF/01		
Computational Biophysics				
▪ modulo Physical Modelling in Biomolecules	6	FIS/02	caratterizzante	---
▪ modulo Computer Simulations of Biomolecules	6	FIS/03		
Data Mining				
• modulo Machine Learning	6	INF/01	caratterizzante	---
• modulo Laboratory of Biological Data Mining	6	ING-INF/05		
Mathematical Modeling				
▪ modulo Mathematical Modeling in Biology	6	MAT/05		



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

▪ modulo Spatio- temporal Models in Cell and Tissue Biology	6	MAT/05	caratterizzante	---
Biotechnology Management and Regulations				
▪ modulo Economics and Management	6	SECS-P/07		
▪ modulo Biotechnology Regulations	6	IUS/04	caratterizzante	---

II ANNO DI CORSO

Corsi a libera scelta	12	---	altre attività	---
Tirocinio	6	---	altre attività	---
Prova Finale	15	---	altre attività	---



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

Tabella 2 – Articolazione del “Corso di laurea magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale - PERCORSO COMPUTATIONAL TRACK” per la coorte a.a. 2020/2021

I ANNO DI CORSO

Insegnamenti obbligatori

Nome insegnamento	CFU	SSD	Tipo attività formativa	Propedeuticità
Molecular Biology of the Cell				
▪ modulo Molecular Basis of Cell Structure and Function	6	BIO/10	caratterizzante	---
▪ modulo Cellular and Molecular Dynamics	6	BIO/09		
Chemistry and Biochemistry				
▪ modulo Organic and Biological Chemistry	6	CHIM/03	caratterizzante	---
▪ modulo Experimental and Computational Biochemistry	6	CHIM/06		
Biological Networks and Data Analysis				
▪ modulo Network-based Data Analysis	6	INF/01	affine	---
▪ modulo Network Modelling and Simulation	6	INF/01		
Inglese B2	3	L-LIN/12	ulteriori attività formative	---

II ANNO DI CORSO

Insegnamenti obbligatori

Nome insegnamento	CFU	SSD	Tipo attività formativa	Propedeuticità
Mathematical Modeling				
▪ modulo Mathematical Modeling in Biology	6	MAT/05	affine	---
▪ modulo Spatio-temporal Models in Cell and Tissue Biology	6	MAT/05		

I e II ANNO DI CORSO

36 crediti a scelta fra:

Nome insegnamento	CFU	SSD	Tipo attività formativa	Propedeuticità
Molecular Physics				
▪ modulo Quantum mechanics	6	FIS/01	caratterizzante	---
▪ modulo Quantum chemistry	6	FIS/02		
Scientific Programming				
▪ modulo Algorithms and Data Structures	6	INF/01	caratterizzante	---
▪ modulo Programming	6	INF/01		



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

Bioinformatics				
▪ modulo Algorithms for Bioinformatics	6	ING-INF/05	caratterizzante	---
▪ modulo Bioinformatic Resources	6	INF/01		
Computational Biophysics				---
▪ modulo Physical Modelling in Biomolecules	6	FIS/02	caratterizzante	
▪ modulo Computer Simulations of Biomolecules	6	FIS/03		
Data Mining				
▪ modulo Machine Learning	6	INF/01	caratterizzante	---
▪ modulo Laboratory of Biological Data Mining	6	ING-INF/05		
Stochastic processes				
• modulo statistical Models	6	MAT/06	caratterizzante	
• modulo Statistical processes	6	MAT/06		
Biotechnology Management and Regulations				
▪ modulo Economics and Management	6	SECS-P/07	caratterizzante	---
▪ modulo Biotechnology Regulations	6	IUS/04		

II ANNO DI CORSO

Corsi a libera scelta	12	---	altre attività	---
Tirocinio	6	---	altre attività	---
Prova Finale	15	---	altre attività	---



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

Tabella 2 – Articolazione del “Corso di laurea magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale - PERCORSO PHYSICAL TRACK” per la coorte a.a. 2020/2021

I ANNO DI CORSO

Insegnamenti obbligatori

Nome insegnamento	CFU	SSD	Tipo attività formativa	Propedeuticità
Molecular Biology of the Cell	6	BIO/10	caratterizzante	---
▪ modulo Molecular Basis of Cell Structure and Function	6	BIO/09		
▪ modulo Cellular and Molecular Dynamics	6			
Organic and Biological Chemistry	6	CHIM/03	caratterizzante	
Algorithms and Data Structures	6	INF/01	affine	---
Genetic and Metabolic Engineering	6	ING-IND/34	caratterizzante	---
Inglese B2	3	L-LIN/12	ulteriori attività formative	---

II ANNO DI CORSO

Insegnamenti obbligatori

Nome insegnamento	CFU	SSD	Tipo attività formativa	Propedeuticità
Machine Learning	6	INF/01	affine	---
Computational Biophysics			affine	---
▪ modulo Physical Modelling in Biomolecules	6	FIS/02		
▪ modulo Computer Simulations of Biomolecules	6	FIS/03		

I e II ANNO DI CORSO

36 crediti a scelta fra:

Nome insegnamento	CFU	SSD	Tipo attività formativa	Propedeuticità
Programming	6	INF/01	caratterizzante	---
Bioinformatics			caratterizzante	---
▪ modulo Algorithms for Bioinformatics	6	ING-INF/05		
▪ modulo Bioinformatic Resources	6	INF/01		
Biological Networks and Data Analysis			caratterizzante	---
▪ modulo Network-based Data Analysis	6	INF/01		
▪ modulo Network Modelling and Simulation	6	INF/01		
Theoretical Methods for Soft Matter			caratterizzante	---



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

▪ modulo Statistical Field Theory	6	FIS/02		
▪ modulo Multi-Scale Methods in Soft Matter	6	FIS/03		
Laboratory of Biological Data Mining	6	ING-INF/05	caratterizzante	---
Quantum chemistry	6	FIS/02	caratterizzante	
Mathematical Modeling				
▪ modulo Mathematical Modeling in Biology	6	MAT/05	caratterizzante	---
▪ modulo Spatio-temporal Models in Cell and Tissue Biology	6	MAT/05		
Biotechnology Management and Regulations				
▪ modulo Economics and Management	6	SECS-P/07	caratterizzante	---
▪ modulo Biotechnology Regulations	6	IUS/04		

II ANNO DI CORSO

Corsi a libera scelta	12	---	altre attività	---
Tirocinio	6	---	altre attività	---
Prova Finale	15	---	altre attività	---



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

Tabella 2 – Articolazione del “Corso di laurea magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale - PERCORSO BIOCOMPUTATIONAL TRACK” per la coorte a.a. 2020/2021

I ANNO DI CORSO

Insegnamenti obbligatori

Nome insegnamento	CFU	SSD	Tipo attività formativa	Propedeuticità
Quantum mechanics	6	FIS/01	affine integrativa	---
Exerimental and Computational Biochemistry	6	CHIM/06	affine integrativa	
Data Mining	6	INF/01	affine integrativa	---
<ul style="list-style-type: none"> • modulo Machine Learning • modulo Lab Data Mining 	6	ING-INF/05		
Genomics	6	BIO/11	caratterizzante	---
<ul style="list-style-type: none"> ▪ modulo Computational Human Genomics ▪ modulo Computational Microbial Genomics 	6	BIO/19		
Biotechnology Engineering	6	ING/IND 34	caratterizzante	---
<ul style="list-style-type: none"> ▪ modulo Genetic and Metabolic Engineering ▪ modulo Tissue Engineering 	6	ING/IND 34		
Inglese B2	3	L-LIN/12	ulteriori attività formative	---

I e II ANNO DI CORSO

36 crediti a scelta fra:

Nome insegnamento	CFU	SSD	Tipo attività formativa	Propedeuticità
Quantum chemistry	6	FIS/02	caratterizzante	---
Bioinformatics	6	ING-INF/05	caratterizzante	---
<ul style="list-style-type: none"> ▪ modulo Algorithms for Bioinformatics ▪ modulo Bioinformatic Resources 	6	INF/01		
Biological Networks and Data Analysis	6	INF/01	caratterizzante	---
<ul style="list-style-type: none"> ▪ modulo Network-based Data Analysis ▪ modulo Network Modelling and Simulation 	6	INF/01		
Computational Biophysics	6	FIS/02	caratterizzante	---
<ul style="list-style-type: none"> ▪ modulo Physical Modelling in Biomolecules ▪ modulo Computer Simulations of Biomolecules 	6	FIS/03		



Regolamento didattico Corso di Laurea Magistrale in Biologia Quantitativa e Computazionale

Stochastic processes				
▪ modulo statistical Models	6	MAT/06	caratterizzante	---
▪ modulo Statistical processes	6	MAT/06		
Mathematical Modeling				
▪ Modulo Mathematical Modeling in Biology	6	MAT/05	caratterizzante	---
▪ modulo Spatio- temporal Models in Cell and Tissue Biology	6	MAT/05		
Biotechnology Management and Regulations				
▪ modulo Economics and Management	6	SECS-P/07		---
▪ modulo Biotechnology Regulations	6	IUS/04	caratterizzante	
Knowledge and data Integration				
	6	ING-INF/05	caratterizzante	---

II ANNO DI CORSO

Corsi a libera scelta	12	---	altre attività	---
Tirocinio	6	---	altre attività	---
Prova Finale	15	---	altre attività	---