

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PAVIA

Facoltà di	Ingegneria
Classe di	Ingegneria dell'Informazione
Corso di Studio	Laurea in Ingegneria biomedica

***Regolamento didattico del Corso di Laurea in
INGEGNERIA BIOMEDICA
ai sensi dell'art. 12 del D.M. 509/99.***

Approvato dal Consiglio di Facoltà del 17 settembre 2008

INDICE

Art. 1 - Norme generali	3
Art. 2 - Classe di appartenenza.....	3
Art. 3 - Struttura responsabile del coordinamento didattico e organizzativo.....	3
Art. 4 - Obiettivi formativi	3
Art. 5 - Quadro generale delle attività formative	3
Art. 6 - Elenco degli insegnamenti attivabili.....	4
Art. 7 - Tipologia delle altre attività formative	5
Art. 8 - Obiettivi specifici di ogni attività formativa.....	6
Art. 9 - Propedeuticità	12
Art. 10 - Manifesto degli studi	12
Art. 11 - Piani di studio	12
Art. 12 - Prerequisiti per l'accesso al corso di studio.....	13
Art. 13 - Obblighi di frequenza	13
Art. 14 - Iscrizione agli anni successivi a primo	13
Art. 15 - Modalità e organizzazione della didattica	13
Art. 16 - Modalità degli esami e delle altre verifiche del profitto degli studenti.	14
Art. 17 - Conseguimento del titolo.....	14
Art. 18 - Riconoscimento di crediti acquisiti dallo studente in altro corso di Studio	15
Art. 19 - Tutorato	15
Art. 20 - Coordinamento didattico	15
Art. 21 - Individuazione, per ogni attività, delle strutture e delle persone responsabili	16

Art. 1 - Norme generali

L'ordinamento e l'organizzazione degli studi del *Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica* della Facoltà di Ingegneria dell'Università di Pavia è disciplinato, nel rispetto della libertà di insegnamento e di quanto stabilito nello Statuto dell'Università di Pavia, dai seguenti regolamenti:

- Regolamento generale d'Ateneo;
- Regolamento didattico d'Ateneo;
- Regolamento della Facoltà di Ingegneria;
- Regolamento didattico del Corso di Laurea (costituito dal presente regolamento)

Art. 2 - Classe di appartenenza

Il *Corso di Laurea in Ingegneria Biomedica* appartiene alla Classe IX delle Lauree in Ingegneria dell'Informazione.

Art. 3 - Struttura responsabile del coordinamento didattico e organizzativo

Nel rispetto delle competenze e dei criteri stabiliti dai regolamenti indicati all'art. 1, il coordinamento didattico e organizzativo delle attività del corso di studio, è assicurato dal *Consiglio Didattico di Ingegneria dell'Informazione*, nel seguito indicato come *Consiglio Didattico (CD)*.

Art. 4 - Obiettivi formativi

Il corso di laurea è finalizzato alla formazione di figure professionali capaci di operare concretamente, a livello progettuale, realizzativo e gestionale, nel settore dell'ingegneria biomedica. Il piano degli studi è strutturato in modo da fornire all'allievo ingegnere un'adeguata formazione di base nelle discipline fisico-matematiche e in quelle ingegneristiche tipiche della classe (Elettronica, Informatica, Automatica), nonché una formazione professionalizzante, orientata sia agli aspetti metodologici che a quelli applicativi, nei settori caratterizzanti il corso di laurea (Strumentazione biomedica, Informatica medica, Ingegneria clinica, Tecnologie biomediche ecc.). Nella sua formulazione e organizzazione vengono tenuti in giusta considerazione i principali sbocchi professionali dei laureati in ingegneria biomedica, e cioè: industrie produttrici e/o fornitrici di sistemi, apparecchiature, materiali e/o software per diagnosi, cura e riabilitazione; aziende ospedaliere pubbliche o private; strutture del servizio sanitario nazionale; società di servizi per la gestione di apparecchiature e impianti medicali o di servizi di telemedicina.

Il corso di laurea mira infine a fornire conoscenze adeguate per affrontare eventuali successivi approfondimenti nell'ambito della laurea specialistica.

Art. 5 - Quadro generale delle attività formative

La durata del corso di laurea è di tre anni.

Le attività formative corrispondono a un totale di 180 crediti (CFU) equamente suddivisi nei tre anni, ferma restando la possibilità per lo studente di acquisire crediti in soprannumero. Nei *curricula* formulati annualmente dal Consiglio di Facoltà su proposta del CD, i CFU saranno ripartiti nel rispetto dei limiti qui sotto indicati.

- a) *Formazione di base*: Insegnamenti appartenenti agli ambiti e ai settori scientifico-disciplinari sotto indicati, per un **totale di CFU compreso tra 40 e 60**:

- Matematica, informatica e statistica (MAT/02, MAT/03, MAT/05, MAT/08, ING-INF/05)
 - Fisica e Chimica (FIS/01)
- b) *Formazione caratterizzante*: insegnamenti appartenenti agli ambiti e ai settori scientifico-disciplinari sotto indicati, per un **totale di CFU compreso fra 60 e 80**, distribuito sui tre ambiti:
- Ingegneria biomedica (ING-IND/34, ING-INF/06)
 - Ingegneria elettronica (ING-INF/01)
 - Ingegneria informatica (ING-INF/04)
- c) *Formazione affine o integrativa*: insegnamenti appartenenti agli ambiti e ai settori scientifico-disciplinari sotto indicati, **per un totale di CFU compreso fra 18 e 35**.
- Discipline ingegneristiche (ING-IND/17, ING-IND/31, ING-IND/35, ING-INF/03, ING-INF/05)
 - Cultura scientifica, umanistica, giuridica, economica, socio-politica (BIO/09, BIO/10, BIO/11, BIO/13, BIO/18, CHIM/07, M-FIL/02, MED/03, MED/46, SECS-P/07, SECS-P/08)
- d) *Attività formative a scelta dello studente* - Un totale di 10 CFU, scelti preferibilmente da una lista di insegnamenti consigliati nei *curricula* di cui al successivo art. 10, ferma restando la possibilità di scegliere altre attività formative, anche al di fuori della Facoltà d'Ingegneria, nel rispetto delle limitazioni di cui al successivo art. 11.
- e) *Altre attività (ex art. 10, comma 1, lettera f del D.M. 509/99)* - Gli studenti potranno scegliere, per un totale di 10 CFU, fra diverse attività utili ai fini dell'inserimento nel mondo del lavoro, specificate nei *curricula* di cui al successivo art. 10.
- f) *Prova finale e conoscenza della lingua straniera* - Accertamento della conoscenza della lingua inglese (4 CFU) e preparazione degli elaborati da discutere in sede di prova finale (5 CFU).

Art. 6 - Elenco degli insegnamenti attivabili

L'elenco degli insegnamenti attivabili, con l'indicazione dei settori Scientifico-disciplinari di riferimento, del tipo di attività formativa, dei crediti e dell'articolazione in moduli è riportato nella seguente tabella.

Insegnamento	Settore Scientifico-Disciplinare	Tipo di attività formativa (*)	Numero di Crediti Formativi (CFU)	Numero di moduli
Analisi matematica A	MAT/05	B	7	1
Analisi matematica B	MAT/05	B	7	1
Basi di dati	ING-INF/05	A	5	1
Bioimmagini	ING-INF/06	C	5	1
Bioingegneria	ING-INF/06	C	5	1
Bioingegneria della riabilitazione e protesi	ING-INF/06 ING-IND/34	C	5	2
Biomacchine	ING-IND/34	C	5	1
Biomeccanica	ING-IND/34	C	6	1
Calcolatori elettronici	ING-INF/05	A	5	1

Calcolo numerico	MAT/08	B	6	1
Chimica e biomateriali	CHIM/07	A	5	1
Comunicazioni elettriche	ING-INF/03	A	5	1
Controllo dei processi	ING-INF/04	C	5	1
Economia	ING-IND/35	A	5	1
Economia applicata all'ingegneria	ING-IND/35	A	5	1
Economia e organizzazione sanitaria	SECS-P/07/08	A	5	1
Elaborazione di dati biomedici	ING-INF/06	C	5	1
Elaborazione di segnali biomedici	ING-INF/06	C	5	1
Elettronica I	ING-INF/01	C	9	1
Filosofia della Scienza (c.p.)	M-FIL/02	A	5	1
Fisica 1 A	FIS-01	B	6	1
Fisica 1 B	FIS-01	B	6	1
Fisica 2	FIS-01	B	6	1
Fondamenti di automatica	ING-INF/04	C	9	1
Fondamenti di informatica	ING-INF/05	B	6	1
Fondamenti di informatica (lab.)	ING-INF/05	B	6	1
Geometria e algebra (ii)	MAT/02/03	B	7	1
Gestione della qualità	ING-IND/17	A	5	1
Identificazione dei modelli e analisi dei dati	ING-INF/04	C	5	1
Informatica medica	ING-INF/06	C	5	1
Ingegneria clinica	ING-INF/06	C	5	1
Intelligenza artificiale in medicina	ING-INF/06	C	5	1
Internet e medicina	ING-INF/06	C	5	1
Metodi matematici	MAT/05	B	5	1
Modelli di sistemi biologici	ING-INF/06	C	5	1
Progetto di sistemi digitali	ING-INF/01	C	5	1
Scienze biologiche e fisiologiche	BIO/09, BIO /11	A	5	2
Sistemi informativi	ING-INF/05	A	5	1
Sistemi informativi sanitari	ING-INF/06	C	5	1
Strumentazione biomedica	ING-INF/06	C	5	1
Tecnologie biomediche	ING-INF/06	C	5	1
Teoria dei circuiti	ING-IND/31	A	6	1
Teoria dei segnali e comunicazioni elettriche	ING-INF/03	A	5	1

(*) A = affine o integrativa; B = di base; C = caratterizzante

Art. 7 - Tipologia delle altre attività formative

Le attività formative utili ai fini dell'inserimento nel mondo del lavoro, di cui al 3° comma lettera e) del precedente art. 5 comprendono, tra l'altro:

- attività di progettazione, realizzazione, messa a punto di soluzioni hardware e/o software nel settore dell'ingegneria biomedica,
- tirocinio da svolgersi presso aziende/enti pubblici o privati operanti nel settore,
- moduli di etica,
- moduli di tecniche redazionali,
- seminari, corsi professionalizzanti, corsi di aggiornamento, ecc., organizzati da aziende o enti di formazione qualificati, nazionali o internazionali,
- conseguimento di certificazioni professionali ufficiali, rilasciate da Enti nazionali o internazionali.

Sono inoltre obbligatorie:

- una prova di accertamento di conoscenza della lingua inglese, il cui superamento comporta l'acquisizione di 4 crediti formativi;

- la redazione di un elaborato da discutere nel corso della prova finale; a tale attività di redazione saranno attribuiti 5 crediti formativi.

Art. 8 - Obiettivi specifici di ogni attività formativa

Gli insegnamenti di cui all'art. 6 hanno i seguenti obiettivi formativi.

- *ANALISI MATEMATICA A* - L'insegnamento si propone di fornire agli Studenti le conoscenze di base del calcolo differenziale e integrale per le funzioni reali di una variabile reale e qualche nozione su alcune delle più semplici equazioni differenziali ordinarie. Si insisterà sulla comprensione e sull'assimilazione delle definizioni e dei risultati principali, più che sulle dimostrazioni (alcune delle quali, peraltro, verranno svolte in dettaglio). Ampio spazio verrà dato ad esempi e ad esercizi: al termine, gli Studenti dovrebbero essere in grado di svolgere, correttamente e senza esitazioni, calcoli elementari riguardanti limiti, derivate, integrali, equazioni differenziali, ecc..
- *ANALISI MATEMATICA B* - L'insegnamento si propone di fornire agli Studenti alcune nozioni elementari sulle serie numeriche e sulle serie di potenze e, soprattutto, le conoscenze di base del calcolo differenziale e integrale per le funzioni reali e vettoriali di più variabili reali. Si insisterà sulla comprensione e sull'assimilazione delle definizioni e dei risultati principali, più che sulle dimostrazioni (alcune delle quali, peraltro, verranno svolte in dettaglio). Ampio spazio verrà dato ad esempi e ad esercizi: al termine, gli Studenti dovrebbero essere in grado di svolgere, correttamente e senza esitazioni, calcoli elementari riguardanti serie numeriche o di potenze, derivate parziali o direzionali, integrali multipli o di linea o di superficie, ecc..
- *BASI DI DATI* - L'insegnamento si propone d'introdurre lo studente alle problematiche della gestione di grandi quantità di informazioni mediante l'uso della tecnologia corrente dei DBMS. Dopo una descrizione dell'architettura di un DBMS, si introduce come riferimento il modello relazionale e si forniscono le nozioni operative di algebra relazionale e di SQL. Gli aspetti progettuali comprendono una descrizione del modello ERA ed dei concetti alla base della progettazione logica (normalizzazione delle relazioni). La parte teorica è completata da un cenno alle proprietà delle transazioni e alla connettività Web. L'insegnamento è fortemente coordinato con quello di Sistemi Informativi, del quale è il presupposto tecnologico.
- *BIOIMMAGINI* - L'insegnamento si propone di illustrare i principi fisici di generazione e le tecniche di formazione delle principali immagini diagnostiche e le relative modalità di elaborazione, di archiviazione, di trasmissione e di verifica di sicurezza e di qualità. L'obiettivo è di mettere lo studente in grado di valutare e di affrontare le problematiche poste dall'introduzione delle apparecchiature per immagini in una struttura sanitaria, sia dal punto di vista del fornitore che da quello dell'utilizzatore.
- *BIOINGEGNERIA* - Il programma d'insegnamento si propone di introdurre lo studente ai fondamenti metodologici della bioingegneria, discutendo in particolare i principi dell'approccio ingegneristico, e, più in generale, fisico-matematico, allo studio dei sistemi viventi, nonché le principali problematiche poste dall'applicazione delle nuove tecnologie in ambito medico-sanitario. Al termine lo studente dovrebbe aver maturato la consapevolezza delle principali specificità delle applicazioni della tecnologia in ambito biomedico.
- *BIOINGEGNERIA DELLA RIABILITAZIONE E PROTESI* - L'insegnamento si compone di due moduli. *Modulo A - Riabilitazione sensoriale e protesi, Modulo B - Riabilitazione motoria e protesi* e si propone d'introdurre lo studente alle problematiche tecnologiche relative alla realizzazione e all'impianto di protesi e di ausili per la riabilitazione.

- **BIOMACCHINE** – L’insegnamento si propone di fornire gli elementi basilari per lo studio delle macchine che interagiscono con il corpo umano. Data l’importanza dei problemi legati al sistema circolatorio, la prima parte del programma sarà volta a fornire i necessari approfondimenti di meccanica dei fluidi.
- **BIOMECCANICA** – L’insegnamento si propone di fornire allo studente le necessarie conoscenze di base di meccanica applicata e le principali metodologie per lo studio di semplici sistemi biomeccanici.
- **CALCOLATORI ELETTRONICI** - Gli obiettivi primari dell’insegnamento sono: (a) di introdurre l’architettura dei microcalcolatori e dei microprocessori, e (b) di spiegarne il funzionamento attraverso il linguaggio assemblativo di programmazione. Vengono affrontati gli aspetti tecnici e architetture, evidenziando le relazioni fra l’architettura del calcolatore e le tecnologie microelettroniche, da un lato, e l’organizzazione del software di base, dall’altro. Le esercitazioni riguardano il linguaggio assemblativo di un microprocessore, la scrittura e la messa a punto di semplici programmi attraverso un idoneo ambiente di sviluppo e simulazione.
- **CALCOLO NUMERICO** - L’insegnamento si propone di portare gli studenti ad un sufficiente grado di dimestichezza nella classificazione dei problemi e degli algoritmi numerici idonei alla loro risoluzione, introdurre il concetto di stabilità e di condizionamento per problemi ed algoritmi, fornire i risultati elementari relativi alla convergenza dei processi iterativi e dei metodi di approssimazione e sviluppare la pratica computazionale matriciale e l’uso individuale delle funzioni di MATLAB.
- **CHIMICA E BIOMATERIALI** - La prima parte del programma d’insegnamento è mirata a fornire le nozioni fondamentali sui fenomeni chimici e chimico-fisici che sono alla base delle relazioni proprietà-struttura nei materiali e del comportamento dei materiali nei sistemi biologici (biocompatibilità, degradazione ossidativa, corrosione, interazioni di superficie, etc.). La seconda parte, più specifica e caratterizzante, è diretta a introdurre gli studenti alla conoscenza di alcune tra le principali classi di biomateriali.
- **COMUNICAZIONI ELETTRICHE** - L’insegnamento si propone di introdurre i concetti base della trasmissione utilizzando al minimo il formalismo matematico e puntando su esercitazioni ed esemplificazioni assistite da strumenti hardware e software.
- **CONTROLLO DEI PROCESSI** – L’insegnamento si propone di fornire allo studente la conoscenza dei principali elementi che costituiscono uno schema di controllo digitale, dei regolatori e degli schemi di controllo più utilizzati a livello industriale e delle principali modalità di taratura e di messa in opera dei regolatori. Lo studente deve acquisire la capacità di determinare il regolatore digitale a partire dalla funzione di trasferimento di un regolatore analogico a tempo continuo. Sono studiati i sistemi a segnali campionati, ad un ingresso ed un’uscita e si fornisce la capacità di sintetizzare direttamente regolatori digitali. Si acquisisce infine la capacità di formulare e risolvere problemi di ottimizzazione statica per la determinazione del punto di lavoro ottimale degli impianti, tenendo conto dei costi dovuti all’impiego delle variabili di controllo e dei ricavi conseguibili dalla produzione delle variabili controllate.
- **ECONOMIA** – Il corso ha l’obiettivo di fornire al futuro ingegnere la capacità di orientarsi e di prendere decisioni nell’ambiente economico in cui andrà ad operare, essendo in grado di leggere la realtà attraverso il paradigma analitico e gli strumenti metodologici adeguati. A tal fine sono introdotti i concetti e i modelli di base sviluppati dalla disciplina economica per interpretare il funzionamento dei mercati e i meccanismi di creazione di valore, per valutare l’efficienza, per comprendere la funzionalità degli incentivi privati e i contesti che invece richiedono l’intervento pubblico (in particolare attraverso l’offerta di beni pubblici, la

regolamentazione e l'antitrust). La trattazione dei vari argomenti dedica particolare attenzione alle applicazioni al mondo reale.

- **ECONOMIA APPLICATA ALL'INGEGNERIA** - L'insegnamento si propone di introdurre lo studente all'analisi dell'ambiente competitivo delle imprese operanti nell'ambito professionale dell'ingegneria industriale e dell'informazione attraverso l'utilizzo di metodi e modelli economici appropriati. Inoltre esso si propone di fornire allo studente conoscenze elementari sui meccanismi di formazione dei prezzi di mercato, sulle loro determinanti dal lato della domanda e dell'offerta (tecnologia e costi), sul ruolo in questo contesto delle diverse strutture di mercato (concorrenza perfetta, monopolio, oligopolio), e sulle pratiche competitive delle imprese. Viene utilizzato un approccio induttivo (dai problemi ai modelli) e dedica specifica attenzione alla modellizzazione dei comportamenti delle imprese in diversi contesti di mercato ed all'applicazione di tali modelli allo studio di casi concreti.
- **ECONOMIA E ORGANIZZAZIONE SANITARIA** – L'insegnamento si propone di familiarizzare lo studente con i principi dell'economia sanitaria, affrontando le problematiche dell'organizzazione del servizio sanitario e delle relative forme di finanziamento e di gestione. Particolare attenzione è dedicata all'analisi degli aspetti economici relativi all'introduzione di strumentazione e di tecnologia nelle strutture sanitarie.
- **ELABORAZIONE DI DATI BIOMEDICI** – L'insegnamento si propone di illustrare gli aspetti statistici dei metodi di progettazione e di analisi di studi biomedici. La comprensione della metodologia verrà facilitata attraverso esperienze pratiche nell'analisi di dati reali. Lo studente dovrà apprendere la corretta metodologia di approccio a problemi, basati su esempi reali, in settori quali: la sperimentazione di farmaci, la previsione prognostica, la genetica, la genomica, la bioinformatica e la neuroinformatica, nonché l'uso di pacchetti software per l'analisi statistica.
- **ELABORAZIONE DI SEGNALI BIOMEDICI** - L'obbiettivo del corso è di fornire allo studente alcune metodologie di base per il trattamento e l'elaborazione dei segnali, siano essi analogici o numerici, con particolare riferimento agli strumenti necessari per orientarsi sulle modalità di trattamento di segnali di origine biomedica. Verranno sottolineate in particolare le specificità di questi ultimi ed analizzate le soluzioni tipiche adottate nell'elaborazione dei biosegnali più significativi, anche con riferimento a particolari situazioni o a contesti operativi critici.
- **ELETTRONICA I** – L'insegnamento ha lo scopo di fornire le conoscenze di base nel campo dell'Elettronica. Esso ha un duplice valore formativo ed informativo; da un lato, introduce alle metodologie tipiche dell'Elettronica e, dall'altro, fornisce cognizioni di analisi e progetto di circuiti elettronici aventi valore professionale.
- **FILOSOFIA DELLA SCIENZA (C.P.)** - L'insegnamento esamina i principi del processo e del ragionamento scientifico, sia nell'ottica delle nozioni filosofiche tradizionali sia in quella delle sfide a queste da parte delle ricerche contemporanee. Vengono illustrati alcuni importanti modi di ragionamento e tipi di conoscenza tipici di scienza, tecnologia ed etica. Viene proposta infine un'introduzione alla cosiddetta filosofia computazionale. La trattazione si avvale di esempi tratti dalla storia e dallo sviluppo delle teorie scientifiche. L'insegnamento non è finalizzato a convincere intorno a una particolare posizione etica o epistemologica. Alla fine del semestre, tuttavia, lo studente disporrà di una migliore comprensione dei motivi che lo conducono a sostenere (o a non sostenere) una determinata posizione intellettuale riguardo alle relazioni fra scienza, tecnologia e valori.

- *FISICA I A* – L’insegnamento si propone di fornire agli studenti le nozioni più elementari di cinematica, di dinamica del punto e dei sistemi di particelle, insieme alla capacità di affrontare e risolvere semplici problemi applicativi. Esempi applicativi comprendono approfondimenti sulla gravitazione, sui moti oscillatori e sulle onde meccaniche. L’insegnamento privilegia, insieme alla conoscenza dei concetti di base, l’uso delle tecniche algebriche ed analitiche nella risoluzione dei problemi proposti.
- *FISICA I B* – L’insegnamento si propone di fornire agli studenti le nozioni più elementari di meccanica del corpo rigido e dei fluidi, con accenni agli sforzi e stati di deformazione. Vengono altresì introdotte le proprietà dei gas perfetti e accennate quelle dei gas reali, nonché importanti elementi di termodinamica. L’insegnamento privilegia, insieme alla conoscenza dei concetti di base, l’uso di tecniche algebriche ed analitiche per la soluzione dei problemi proposti.
- *FISICA 2* – L’insegnamento si propone di fornire conoscenze operative e capacità di risolvere semplici problemi relativi agli argomenti introduttivi all’elettromagnetismo (elettrostatica, magnetostatica, correnti, campi quasi-stazionari, ottica geometrica; parte iniziale delle onde e.m.).
- *FONDAMENTI DI AUTOMATICA* - Obiettivo dell’insegnamento è mettere lo studente in grado di progettare semplici sistemi di controllo sulla base di una lista di specifiche non dissimile da quella propria dei casi reali. Per giungere a questo, le lezioni teoriche forniranno gli strumenti metodologici di base, mentre l’attività di laboratorio consentirà di imparare ad utilizzare, come ausilio alla progettazione, alcuni strumenti software divenuti quasi uno standard nel campo dell’automatica.
- *FONDAMENTI DI INFORMATICA* - Gli obiettivi primari dell’insegnamento sono di fornire agli allievi i principi logici del funzionamento e della organizzazione dei sistemi di elaborazione e delle metodologie per sfruttarne le potenzialità. L’insegnamento prevede la descrizione della struttura funzionale dei principali moduli hardware e software che compongono un sistema di elaborazione. Si ritiene che, una volta superato l’esame, lo studente abbia acquisito gli strumenti culturali per affrontare lo studio di altri argomenti del proprio *curriculum* e abbia appreso quali argomenti dovrà autonomamente approfondire per acquisire competenze non previste dal proprio piano degli studi.
- *FONDAMENTI DI INFORMATICA (LAB.)* - Obiettivo primario dell’insegnamento è di fornire agli allievi i principi e l’ambiente della programmazione degli elaboratori. Tale obiettivo è raggiunto mediante la presentazione dei fondamenti e degli strumenti della programmazione e dell’utilizzo del calcolatore che costituiscono un aspetto formativo essenziale e che stanno alla base della necessaria attività sperimentale. Si ritiene che, una volta superato l’esame, lo studente abbia acquisito competenze di base per lo sviluppo di soluzioni algoritmiche per problemi di limitata complessità e per la codifica e la messa a punto di programmi in linguaggio Java.
- *GEOMETRIA E ALGEBRA (ii)*– L’insegnamento si propone di fornire agli studenti le nozioni e gli strumenti tecnici di base dell’Algebra Lineare e della Geometria Analitica, di dare cioè le basi di partenza per un discorso matematico a livello universitario in ambito algebrico e geometrico. Lo studio dell’Algebra Lineare, cioè degli spazi vettoriali e delle loro proprietà, è reso più facilmente accessibile privilegiandone l’aspetto computazionale (algebrico, vettoriale, matriciale), costruttivo ed applicativo. In quest’ottica, il programma di Geometria Analitica è svolto sfruttando gli strumenti propri dell’Algebra Lineare i cui contenuti specifici sono, a loro volta, presentati come generalizzazioni naturali degli analoghi della usuale Geometria Analitica.

- *GESTIONE DELLA QUALITÀ* - Il corso si propone di fornire allo studente: i principi base di organizzazione aziendale e lo sviluppo delle teorie relative al controllo e gestione della qualità; le principali nozioni relative al controllo statistico applicato al processo, al prodotto/servizio, agli strumenti di misura e alle decisioni aziendali; le principali nozioni relative alla gestione complessiva e integrata in azienda della qualità, dell'ambiente, della salute e sicurezza, e della responsabilità sociale.
- *INFORMATICA MEDICA* – L'insegnamento si propone di fornire gli elementi di base della disciplina dell'Informatica Medica. Essa viene introdotta come la logica della sanità, ovvero come lo studio razionale dell'intero processo di cura dei pazienti. Verrà mostrato come, grazie all'uso della metodologie e delle tecnologie proprie dell'Ingegneria, sia possibile studiare i processi legati alla sanità ed introdurre delle innovazioni che ne permettano l'ottimizzazione. L'insegnamento introdurrà inoltre alcune nozioni fondamentali relative alla comunicazione a distanza di informazioni e documenti in sanità.
- *INGEGNERIA CLINICA* - L'insegnamento si propone di formare gli studenti ai principi e agli strumenti di una corretta gestione dell'ingente patrimonio tecnologico (strumentazione e sistemi medicali, attrezzature informatiche e telematiche) oggi disponibile presso le strutture sanitarie. Lo studente potrà acquisire competenze metodologiche e operative di base tali da consentirgli un agevole inserimento nelle realtà lavorative che si occupano della gestione della tecnologia in sanità (servizi di ingegneria clinica interni alle strutture sanitarie o società di servizi).
- *INTELLIGENZA ARTIFICIALE IN MEDICINA* – L'insegnamento si propone di illustrare i metodi e le tecniche d'Intelligenza Artificiale (IA) che possono essere applicati in campo medico per realizzare sistemi di ausilio alla diagnosi, alla terapia e al monitoraggio dei pazienti. Saranno presentati i formalismi per la rappresentazione della conoscenza, con particolare enfasi sulla gestione dell'incertezza e sulla possibilità di costruire sistemi che "apprendono" dai dati. Al termine lo studente dovrà essere in grado di analizzare un dominio medico, di valutare se e come può essere utile introdurre un sistema basato su tecniche IA, di scegliere i formalismi più adatti alla sua costruzione e di definire in che modo lo si può integrare con l'eventuale sistema informativo sanitario preesistente. Infine lo studente dovrà essere in grado di progettare uno studio di validazione di un sistema di supporto alle decisioni.
- *INTERNET E MEDICINA* - Il modulo ha lo scopo di familiarizzare lo studente con strumenti innovativi che consentono l'accesso a basi di dati attraverso le tecnologie di rete. Verranno illustrati gli aspetti fondamentali della combinazione delle tecniche per la realizzazione di database relazionali con quelle per la realizzazione di pagine Web. Il modulo ha un forte indirizzo applicativo e prevede che lo studente acquisisca una certa pratica nell'uso di strumenti e linguaggi di Web Publishing, fino a saper realizzare pagine Web. Successivamente, egli dovrà realizzare un database relazionale, utilizzando il linguaggio SQL, e la "business logic" relativa ad un'applicazione, utilizzando il linguaggio di programmazione Java lato server, progettando e codificando gli algoritmi di interrogazione al database che generino pagine Web accessibili attraverso un comune browser.
- *METODI MATEMATICI* - Alla fine del corso lo studente deve essere in grado di utilizzare con dimestichezza le principali funzioni di variabile complessa e deve avere acquisito le nozioni elementari della corrispondente teoria; deve aver compreso il concetto di convergenza di successioni e serie di funzioni; deve conoscere i risultati fondamentali riguardanti le serie di Fourier e le trasformate di Fourier e di Laplace; deve essere in grado

di svolgere calcoli elementari mediante tali trasformate e di applicarli a semplici problemi differenziali.

- **MODELLI DI SISTEMI BIOLOGICI** – Il corso si propone di fornire elementi di base di modellistica matematica di sistemi biologici e fisio-patologici, con particolare riferimento a modelli di reazioni enzimatiche, popolazioni di cellule, traccianti, farmacocinetica e farmacodinamica, e sistemi endocrino-metabolici. Dopo un'introduzione in cui si analizzeranno gli obiettivi e gli strumenti per formulare modelli, lo studente apprenderà come simularli ed identificarli. Le lezioni si alterneranno ad additività di laboratorio dove lo studente potrà mettere in pratica quanto appreso durante le lezioni utilizzando tool di Matlab per simulare ed identificare i modelli presentati a lezione. L'obiettivo è quello di fornire allo studente strumenti concettuali ed operativi per sviluppare l'intero processo di modellizzazione per alcune significative applicazioni biomediche.
- **PROGETTO DI SISTEMI DIGITALI** – L'insegnamento si propone di descrivere il principio di funzionamento dei microcontrollori e dei dispositivi DSP per mettere lo studente in grado di realizzare sul piano HW e SW piccoli sistemi di controllo e di acquisizione.
- **SCIENZE BIOLOGICHE E FISIOLOGICHE** - A) *Modulo di Biologia* – Il modulo intende fornire agli studenti nozioni generali sulla struttura, funzione e differenziamento delle cellule (quali unità strutturali e funzionali degli organismi viventi) e sui meccanismi dello sviluppo embrionale. B) *Modulo di fisiologia* – Il modulo si propone di offrire agli studenti la descrizione delle principali attività fisiologiche dell'organismo umano, dei sistemi di integrazione di attività fisiologiche diverse, e dei principali meccanismi generali della patologia umana. Sarà privilegiata una descrizione modellistica della fisiologia e saranno forniti esempi di modellizzazione matematica dei sistemi fisiologici.
- **SISTEMI INFORMATIVI** – L'insegnamento si propone di integrare i concetti fondamentali relativi al mercato e all'impresa con gli strumenti e le metodologie impiegabili per soddisfare le esigenze informative dell'azienda in continua e rapida evoluzione. Dall'analisi dettagliata dell'azienda e dallo studio dei modelli di business da adottare derivano le scelte nel progettare e dirigere il Sistema Informatico Aziendale (SIA). Vengono descritte le linee di tendenza nello sviluppo del SIA e le modalità di gestione dei progetti informatici che si vanno imponendo nel mercato, nonché le professionalità oggi più richieste nel settore dell'Information and Communication Technology, anche alla luce del successo di Internet. L'insegnamento è strettamente coordinato con il corso Basi di Dati.
- **SISTEMI INFORMATIVI SANITARI** – L'insegnamento intende fornire le basi teoriche per una corretta progettazione delle basi di dati in ambito medico e per l'utilizzo dei dati stessi in alcune analisi tipiche. L'obiettivo è di mettere lo studente in grado di effettuare, insieme alla controparte medica, l'analisi del problema, di progettare e di realizzare, in funzione di tale analisi, una base di dati, e infine di usare i dati per effettuare le valutazioni desiderate, come: statistiche, valutazioni economiche, controlli di qualità dei dati. Mediante l'esercitazione al calcolatore, lo studente affronterà tipici problemi pratici d'implementazione e dovrà imparare a realizzare una cartella clinica, e le relative elaborazioni dei dati, usando un DBMS relazionale e un pacchetto commerciale per analisi statistica.
- **STRUMENTAZIONE BIOMEDICA** – L'insegnamento si propone di illustrare i principi di funzionamento e di progettazione della strumentazione biomedica di maggiore diffusione, nonché le problematiche specifiche poste dall'interfacciamento con un organismo vivente e dall'impiego in un ambiente particolare quale quello costituito da una struttura sanitaria.

- **TECNOLOGIE BIOMEDICHE** - L'intento dell'insegnamento è di portare a conoscenza dello studente le tecniche di base per la misura elettronica impiegate negli elettromedicali di tipo diagnostico, terapeutico o per monitoraggio. A questo scopo vengono trattati i trasduttori per misure biomediche, le relative reti elettriche di condizionamento e l'interfacciamento con sistemi di acquisizione A/D. Vengono forniti esempi specifici nel settore delle apparecchiature ad ultrasuoni.
- **TEORIA DEI CIRCUITI** – Obiettivi formativi specifici dell'insegnamento sono i seguenti: conoscenza delle grandezze elettriche di interesse nello studio tecnico dei circuiti e delle corrispondenti unità di misura; conoscenza del comportamento dei bipoli lineari e delle loro proprietà energetiche; capacità di distinguere circuiti lineari e non-lineari; conoscenza dei principali metodi di analisi dei circuiti lineari e capacità di applicarli numericamente; capacità di intuire e descrivere qualitativamente il funzionamento di circuiti semplici, in regime stazionario, a bassa e alta frequenza, alla risonanza, in transitorio.
- **TEORIA DEI SEGNALI E COMUNICAZIONI ELETTRICHE** - L'insegnamento si propone di introdurre i concetti base della trasmissione, secondo un approccio didattico basato principalmente su esemplificazioni ed esercitazioni assistite da strumenti hardware e software.

L'ATTIVITÀ DI TIROCINIO ha lo scopo di offrire allo studente una prima possibilità di contatto con il mondo del lavoro. Tale attività è principalmente consigliata agli studenti che non desiderano proseguire gli studi, dopo il conseguimento della Laurea.

LE ALTRE ATTIVITÀ FORMATIVE mirano ad un arricchimento culturale e delle capacità relazionali, utile ad un più proficuo inserimento nel mondo del lavoro, anche in un contesto internazionale.

Art. 9 - Propedeuticità

In generale non sono previste propedeuticità.

Le conoscenze richieste per la comprensione dei vari insegnamenti sono rese note attraverso la *guida dello studente*.

Annualmente, su richiesta motivata dei docenti interessati, il CD può fissare delle propedeuticità che sono rese note attraverso il manifesto degli studi di cui al successivo art. 10.

Art. 10 - Manifesto degli studi

Annualmente, entro i termini stabiliti dal Regolamento di Facoltà e in conformità ai requisiti generali indicati nel precedente art. 5, il CD formula la proposta contenente i dettagli dell'offerta formativa del corso di studio ai fini dell'approvazione da parte del Consiglio di Facoltà del *manifesto degli studi* per l'anno accademico successivo.

La proposta può contenere uno o più *curricula* volti a conseguire specifici obiettivi formativi. Almeno uno di essi deve consentire l'accesso alla Laurea Specialistica in Ingegneria biomedica senza debiti formativi.

Art. 11 - Piani di studio

I piani di studio degli studenti compilati conformemente ai *curricula* offerti e alle scelte in essi consigliate sono automaticamente approvati.

Lo studente ha facoltà di presentare un piano degli studi diverso (piano degli studi individuale), che deve comunque soddisfare i requisiti generali indicati nel precedente art. 5. Il piano degli studi individuale è sottoposto per l'approvazione al CD che può delegare il loro esame e la loro approvazione a strutture o a singoli docenti a ciò deputati.

L'inserimento nel Piano di studio di insegnamenti diversi da quelli consigliati si configura come presentazione di un piano di studio individuale e va pertanto approvato dal CD. Non sarà approvata la scelta di insegnamenti i cui contenuti costituiscano una ripetizione significativa (dell'ordine di più del 20%) di contenuti già compresi in altri insegnamenti facenti parte del *curriculum* adottato. Il numero dei crediti da riconoscere alle attività formative svolte al di fuori della Facoltà d'Ingegneria è oggetto di valutazione da parte del CD, sulla base dei criteri stabiliti all'art. 18.

Art. 12 - Prerequisiti per l'accesso al corso di studio

Per l'iscrizione al corso di laurea in Ingegneria biomedica è richiesta la conoscenza di alcuni argomenti definiti dal Consiglio di Facoltà e opportunamente pubblicizzati.

La verifica di queste conoscenze è effettuata mediante prove tenute in diverse sessioni. La prima di esse è svolta prima dell'inizio delle lezioni del primo anno; le altre, destinate a chi non ha superato la prima, sono distribuite nel corso dell'anno, secondo un calendario fissato dal Consiglio di Facoltà.

Il mancato superamento di queste prove dà luogo ad un debito formativo che impedisce la partecipazione agli esami di profitto del corso di laurea.

Il CD può proporre al Consiglio di Facoltà l'aggiornamento dei prerequisiti necessari per l'accesso al corso di laurea.

Art. 13 - Obblighi di frequenza

Il progetto formativo presuppone che lo studente, di norma, partecipi a tutte le attività didattiche organizzate nell'ambito degli insegnamenti.

Gli obblighi di frequenza ai singoli insegnamenti e le relative modalità di verifica sono proposti dal docente, approvati dal CD e indicati sul manifesto degli studi. Come criterio generale, la frequenza obbligatoria è prevista per attività di laboratorio o sperimentali.

L'obbligo di frequenza è assolto con la presenza ad almeno il 70% delle attività didattiche previste dall'insegnamento.

Art. 14 - Iscrizione agli anni successivi a primo

I requisiti necessari per l'iscrizione agli anni successivi al primo, sono definiti nel Regolamento di Facoltà.

In aggiunta a questi requisiti, il CD può specificare insegnamenti i cui esami devono essere necessariamente superati per l'iscrizione all'anno successivo.

Art. 15 - Modalità e organizzazione della didattica

L'articolazione dell'anno di corso in periodi didattici (ad esempio in semestri) e il conseguente calendario delle lezioni e delle sessioni di esame sono definiti dal Consiglio di Facoltà.

La didattica degli insegnamenti è organizzata in lezioni, esercitazioni numeriche o di laboratorio e attività pratiche. Di norma, tutti gli insegnamenti comprendono esercitazioni, mirate all'esemplificazione degli argomenti trattati nelle lezioni e allo sviluppo delle capacità pratiche e operative dello studente. Le attività pratiche, che possono comprendere visite guidate ad impianti, aziende o strutture sanitarie, dimostrazione e illustrazione di prodotti

commerciali o di strumenti, discussione di progetti, ecc., mirano a una prima introduzione alla realtà del mondo del lavoro e sono svolte in modo tale da richiedere allo studente solo una modesta attività di rielaborazione personale.

La suddivisione delle ore di insegnamento nelle tre attività sopra indicate è stabilita dal docente sulla base dei contenuti dell'insegnamento e dei CFU attribuiti dal CD all'insegnamento, adottando i criteri e gli eventuali coefficienti di conversione (CFU/ore attività didattica) definiti nel Regolamento di Facoltà o indicati dal Consiglio di Facoltà.

Tutti gli insegnamenti del Corso di Studio sono obbligatoriamente soggetti a valutazione da parte degli studenti con le modalità fissate dal Nucleo di Valutazione (NuV) dell'Ateneo.

Art. 16 - Modalità degli esami e delle altre verifiche del profitto degli studenti.

Tutte le attività che consentono l'acquisizione di crediti si concludono con una valutazione. Questa è espressa da Commissioni comprendenti il responsabile dell'attività formativa e costituite secondo le norme contenute nel Regolamento Didattico di Ateneo.

Le procedure di valutazione sono costituite, a seconda dei casi, da prove scritte e/o orali e/o da altri procedimenti adatti a particolari tipi di attività.

Di norma, per le attività didattiche costituite dagli insegnamenti indicati nei piani degli studi, la verifica dell'apprendimento va attuata durante il progressivo svolgersi dell'insegnamento, mediante prove *in itinere*. Le modalità di queste prove e il loro peso nella valutazione finale del profitto sono proposti dal docente, tenendo conto di eventuali indicazioni del Consiglio di Facoltà o della Commissione Paritetica per la Didattica, e approvate annualmente dal CD nella seduta dedicata al coordinamento didattico di cui al successivo art. 20.

Oltre alle prove *in itinere*, ogni docente dovrà fissare per il suo insegnamento un numero di appelli d'esame conforme alle norme fissate nel Regolamento di Facoltà. Gli appelli nelle diverse sessioni saranno distribuiti secondo un calendario coordinato da uno o più docenti a ciò deputati dal CD.

Previo accordo tra i docenti interessati, il CD potrà approvare (anche in via sperimentale) modalità di verifica del profitto che prevedano l'accorpamento delle verifiche di due o più insegnamenti. In ogni caso, dovranno essere assegnate votazioni distinte per ogni insegnamento.

Le modalità di verifica del profitto per tutti gli insegnamenti devono essere rese note attraverso la Guida dello studente.

Per le attività didattiche costituite dagli insegnamenti, il profitto è valutato con un voto espresso in trentesimi con eventuale lode. Per le attività formative rientranti in altre tipologie, la valutazione può essere espressa con due soli gradi: "approvato" o "non approvato". Le modalità di accertamento della conoscenza della lingua inglese sono stabilite nel Regolamento di Facoltà.

Tutte le verifiche del profitto sono obbligatoriamente soggette a valutazione da parte degli studenti con le modalità fissate dal Nucleo di Valutazione (NuV) dell'Ateneo.

Art. 17 - Conseguimento del titolo

La prova finale per il conseguimento del titolo di Laurea in Ingegneria biomedica consiste nella discussione in seduta pubblica, di fronte ad una Commissione costituita secondo le norme contenute nel Regolamento Didattico di Ateneo, di uno dei seguenti elaborati, attestato da un docente con funzione di relatore:

- relazione scritta sull'attività svolta nell'ambito del tirocinio;

- progetto hardware o software, o altra relazione scritta, riguardante una realizzazione nel settore dell'ingegneria biomedica, dell'informatica medica, della telemedicina o dell'ingegneria clinica.

E' facoltà del CD approvare, in aggiunta a quanto sopra indicato, altri tipi di elaborato che il laureando può predisporre e portare per la discussione all'esame di Laurea.

La discussione è volta a valutare sia la qualità dell'elaborato, sia la preparazione generale del candidato e la sua capacità di esporre e di discutere un argomento di carattere tecnico-professionale con chiarezza, proprietà e padronanza.

Per la formazione del voto di laurea, la Commissione adotta i criteri fissati dal Regolamento di Facoltà.

Art. 18 - Riconoscimento di crediti acquisiti dallo studente in altro corso di Studio

Ai fini del trasferimento degli studenti dal Corso di Laurea in Ingegneria informatica o dal Corso di Diploma Universitario in Ingegneria biomedica del vecchio ordinamento, tenuti presso l'Università di Pavia, al Corso di Laurea in Ingegneria biomedica disciplinato dal presente Regolamento, gli esami riconosciuti, i relativi crediti e gli eventuali crediti residui sono fissati nelle tabelle allegate (allegati 1, 2).

I crediti residui riconosciuti potranno essere utilizzati compatibilmente con i piani degli studi approvati.

Il riconoscimento degli esami sostenuti e dei crediti acquisiti nell'ambito di corsi di studio diversi da quelli sopra indicati, compresi quelli tenuti presso altre Università, sarà deliberato, caso per caso, dal CD, previa istruttoria da parte delle strutture a ciò deputate dal CD stesso. In particolare, la tipologia dei crediti da riconoscere sarà stabilita in base a criteri di attinenza disciplinare, tenendo conto del contributo dell'attività da riconoscere al raggiungimento degli obiettivi formativi del corso di studio. A tal fine, l'istanza di riconoscimento dovrà essere corredata dalla documentazione ufficiale dalla quale possano evincersi gli elementi sopra riportati; la struttura deputata al riconoscimento potrà mettere in atto ulteriori verifiche ritenute opportune.

Nel caso in cui, a seguito del riconoscimento degli esami sostenuti o dei crediti acquisiti, il piano degli studi dello studente si configuri come piano di studio individuale, esso dovrà essere approvato dal Consiglio di Classe, conformemente a quanto previsto dall'art. 11.

Art. 19 - Tutorato

Il servizio di tutorato è organizzato e gestito con le modalità fissate nel Regolamento di Facoltà.

L'attività di consulenza agli studenti riguardo ai piani degli studi, ai trasferimenti e al riconoscimento dei crediti è svolta dai docenti a ciò deputati dal CD.

Art. 20 - Coordinamento didattico

Annualmente, entro il 31 dicembre e comunque in tempo utile ai fini della formulazione delle proposte per il manifesto degli studi, deve essere convocata almeno una seduta del CD riservata all'analisi e alla discussione dei seguenti aspetti:

- a) verifica dei risultati dell'attività formativa relativamente all'anno accademico precedente;
- b) coordinamento dei programmi degli insegnamenti;
- c) congruenza dei programmi degli insegnamenti con i CFU assegnati
- d) modalità degli esami;
- e) interventi correttivi e migliorativi.

La discussione sarà basata su documenti che dovranno essere presentati dai Referenti dei CdS e sugli eventuali documenti prodotti dalla Commissione Paritetica per la Didattica.

E' facoltà di ogni docente o gruppo di docenti sottoporre alla discussione un proprio documento.

Art. 21 - Individuazione, per ogni attività, delle strutture e delle persone responsabili

Per ogni attività necessaria al regolare funzionamento del corso di studio in conformità al presente regolamento, ai regolamenti di cui all'art. 1 e alla specifica legislazione di riferimento, devono essere individuate le persone che singolarmente o riunite in apposite strutture ne assumono la responsabilità. A tal fine, il CD istituisce le strutture previste dal Regolamento di Facoltà.

Il CD può anche decidere autonomamente di istituire altre strutture (Commissioni permanenti o temporanee) o di deputare singole persone allo svolgimento di specifiche attività.

Le persone che, singolarmente, o nell'ambito delle strutture di cui ai commi precedenti, si assumono la responsabilità delle specifiche attività sono nominate, con il loro consenso, dal CD.