

# **Ing. Biomedica/S**

## 1. FENOMENI FLUIDODINAMICI DI BASE

- 1.1. Caratteristiche dei fluidi: strumenti per lo studio dei fluidi biologici
  - 1.1.1. Definizioni degli stati della materia: definizione operativa di fluido
  - 1.1.2. Caratteristiche dei fluidi
    - 1.1.2.1. Comprimibilità
    - 1.1.2.2. Viscosità: fluidi Newtoniani e non-Newtoniani, le basi molecolari della viscosità, misure di viscosità
  - 1.1.3. Tensione e adesione superficiale
  - 1.1.4. Turbolenza: generalità
- 1.2. Richiami delle leggi di conservazione classiche: equazioni del continuo
  - 1.2.1. Equazione di continuità
  - 1.2.2. Equazione di conservazione della quantità di moto
  - 1.2.3. Equazione dell'energia
  - 1.2.4. Fluidi turbolenti: Equazioni di Navier-Stokes
- 1.3. Similarità dinamica e analisi dimensionale
  - 1.3.1. Definizione di similarità dinamica
  - 1.3.2. Teorema di Buckingham
- 1.4. Flusso in condotti
  - 1.4.1. Flusso laminare o turbolento
  - 1.4.2. Strato limite
  - 1.4.3. Flusso completamente sviluppato
  - 1.4.4. Esercizi: film cadente, svuotamento di un serbatoio
  - 1.4.5. Equazione dell'energia di un fluido incomprimibile in un condotto ideale
  - 1.4.6. Generalizzazione del trinomio di Bernoulli: perdite di pressione

## 2. IL SANGUE COME FLUIDO COMPOSTO

- 2.1. Il sangue: caratteristiche e comportamento del fluido continuo
  - 2.1.1. Caratteristiche fisiche del fluido
  - 2.1.2. Il fluido non-newtoniano
  - 2.1.3. Microcircolazione
  - 2.1.4. Effetto Fahareus
  - 2.1.5. Effetto Fahareus Linqvist
  - 2.1.6. Flusso in capillari molto piccoli
- 2.2. I globuli rossi: caratteristiche fisiche
  - 2.2.1. Emolisi come problematica fondamentale dei globuli rossi
  - 2.2.2. Coagulazione

## 3. FLUIDODINAMICA del SISTEMA CIRCOLATORIO UMANO

- 3.1. Generalità
- 3.2. Moto di un fluido continuo in un vaso
  - 3.2.1. Modelli della circolazione nei vasi sanguigni
  - 3.2.2. Flusso completamente sviluppato
  - 3.2.3. Validità della legge di Poiseuille:
  - 3.2.4. Flusso pulsatile: pulsatilità del sangue

- 3.2.5. Flusso pulsatile: soluzione di Womersley
- 3.3. Moto di particelle solide in sospensione
  - 3.3.1. Moto di particelle rigide all'interno di una corrente fluida
- 3.4. Rete vascolare
  - 3.4.1. Modelli di rete vascolare
  - 3.4.2. Dimensionamento ottimale di una biforcazione
  - 3.4.3. Definizione di resistenza vascolare
  - 3.4.4. Applicazione del concetto di resistenza vascolare
  - 3.4.5. Modelli del sistema cardiovascolare a parametri concentrati

#### 4. DISPOSITIVI BIOMECCANICI

#### 5. ELEMENTI DI ANALISI FLUIDODINAMICA del sistema circolatorio e PROGETTAZIONE dei dispositivi biomeccanici

- 5.1. Elementi di analisi fluidodinamica
  - 5.1.1. Introduzione all'analisi numerica dei sistemi fluidodinamici biologici (instazionari): il metodo alle caratteristiche
  - 5.1.2. Metodi numerici
  - 5.1.3. Simulazione fluidodinamica numerica: schema di lavoro
- 5.2. Elementi di metodologie e strumenti di verifica
  - 5.2.1. Componenti di un banco prova
  - 5.2.2. Esempi di banco prova
  - 5.2.3. Struttura di un banco prova
  - 5.2.4. Cenni alla strumentazione di un banco prova

**Disciplina:** P341BMS **BIOMATERIALI**

ING-IND/34

**Corso di Studio:** BMS

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** CORVI ANDREA

P1 ING-IND/34

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

**Disciplina:** P416BMS **COMPLEMENTI DI FISICA APPLICATA**

FIS/01

**Corso di Studio:** BMS

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** SAMPOLI MARCO

P1 FIS/01

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. di Energetica "S.Stecco"

---

#### Parte I - Termodinamica

Premesse: legge dei grandi numeri. Sistemi e parametri TD. Lavoro TD. Temperatura e termometria. Equazioni di stato. Sistemi TD ideali. Teoria cinetica del gas ideale; confronto con il comportamento dei gas reali.

La prima legge della TD. Trasformazioni TD. Energia interna. Variabili estensive ed intensive. Differenziali esatti e conseguenze della prima legge.

La seconda legge della TD. Trasformazioni improbabili. Formulazioni della seconda legge. Macchine termiche reversibili e non. Teorema di Carnot. Scala assoluta della temperatura. Teorema di Clausius ed entropia. Conseguenze della seconda legge. Cenni sui potenziali TD.

La terza legge della TD. Significato della terza legge. Interpretazione statistica e cenni di meccanica statistica.

#### Parte II - Onde

Richiami sui moti periodici ed armonici. Descrizione del moto ondoso: equazione delle onde e sue proprietà'. Derivazione dell'equazione delle onde per sistemi materiali.

Onde e.m. e conservazione dell'energia. Costruzione di Huygens, riflessione e rifrazione.

Ottica geometrica e comportamento nel limite di lunghezze d'onda piccole. Costruzione delle immagini per i più comuni elementi ottici. Funzionamento di semplici strumenti ottici.

Emissione ed assorbimento di onde e.m. Effetto fotoelettrico e rilevamento della luce. Cenni sui laser.

Ottica fisica e comportamenti caratteristici delle onde: interferenza e diffrazione. Risoluzione spaziale di uno strumento ottico e risoluzione in frequenza di un monocromatore.

Cenni sulle proprietà corpuscolari e ondulatorie della radiazione e della materia. Microscopi elettronici e microscopi a scansione.

---

### COMUNICAZIONI ELETTRICHE I

Introduzione ai segnali: Definizioni di informazione, segnale e sistema di comunicazione. Segnali determinati e segnali aleatori. Segnali continui ad energia finita e a potenza media finita, segnali a tempo discreto, segnali numerici o digitali. Segnali aperiodici, segnali periodici e segnali ciclici. Esempi.

Lo spazio dei segnali: Lo spazio dei segnali a tempo continuo. Rappresentazione discreta di segnali continui.

Analisi di Fourier: Sviluppo in serie di Fourier di segnali periodici e di segnali ad energia finita. Esempi di applicazione dello sviluppo in serie di Fourier. Definizione di trasformata di Fourier ed esempi di calcolo. Valutazione grafica dell'integrale di convoluzione. Autocorrelazione, cross-correlazione e teorema di Parseval. La funzione delta di Dirac: definizione e proprietà. Trasformata di Fourier di segnali generalizzati: impulso unitario, impulso esponenziale, funzione segno, gradino unitario, segnale triangolare, segnali periodici, treno di delta di Dirac (Dirac comb). Definizione di banda di un segnale.

Trasformazioni lineari di segnali a tempo continuo: Caratterizzazione dei sistemi elettronici: sistemi lineari, sistemi tempo-invarianti, sistemi causali, sistemi stabili, sistemi dispersivi, sistemi attivi e passivi. Caratterizzazione analitica del funzionamento dei sistemi LTI. Condizioni di fisica realizzabilità. Analisi di sistemi LTI nel dominio della frequenza: la funzione di trasferimento o risposta in frequenza del sistema, suo significato fisico, relazione ingresso/uscita, relazione tra le densità spettrali di energia in ingresso e in uscita. Condizioni di non distorsione: distorsioni lineari, distorsione di ampiezza e distorsione di fase. Guadagno di un sistema LTI. Sistemi filtranti: filtri passa-basso e filtri passa-banda, definizione di banda passante di un filtro.

Inviluppo complesso di un segnale passabanda: Trasformata di Hilbert. Inviluppo complesso associato ad un segnale passa banda ad energia finita. Rappresentazione canonica di segnali passa-banda.

Campionamento dei segnali : Teorema del campionamento per segnali ad energia finita e banda limitata: spettro del segnale campionato, criterio di Nyquist, ricostruzione del segnale analogico per interpolazione. Aliasing. Campionamento naturale. Campionamento sample-hold. Campionamento di segnali passa-banda (del 1° e del 2° ordine). Esempi

**Disciplina:** N230BMS **DISEGNO MECCANICO**

ING-IND/15

**Corso di Studio:** BMS IME 270

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** ROTINI FEDERICO

RC ING-IND/15

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

Introduzione al corso

Le normative

Rappresentazione

- Introduzione
- Proiezioni ortogonali
- Viste ausiliarie
- Particolarita'
- Sezioni
- Quotatura
- Esempi

Materiali da costruzione

Tecnologie di fabbricazione

Tolleranze dimensionali

Tolleranze geometriche

Rugosita'

Quotatura funzionale

Elementi delle macchine

- Collegamenti
- Collegamenti albero-mozzo
- Ruote dentate
- Cinghie
- Giunti
- Supporti e cuscinetti volventi
- Cuscinetti di strisciamento

Assemblaggi

- Riduttore
- Compressore
- Pompa

Modellazione funzionale di Prodotto e di Processo

**Disciplina:** P415BMS **ELETTRONICA APPLICATA**

ING-INF/01

**Corso di Studio:** BMS IEL-IDT

**Crediti:** 5 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** MASOTTI LEONARDO

P1 ING-INF/01

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Elettron. e delle Telecom.

---

**Disciplina:** N246BMS **FLUIDODINAMICA**

ING-IND/06

**Corso di Studio:** BMS IME

**Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:** MUT 3 CFU DA IME PROF. MARTELLI

**Docente:** MARTELLI FRANCESCO

P1 ING-IND/08

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. di Energetica "S.Stecco"

---

Vedi Programmi fluidodinamica per IME

**Disciplina:** N058BMS **FONDAMENTI DI AUTOMATICA**

ING-INF/04

**Corso di Studio:** BMS IME INE IEL IIN

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** GENESIO ROBERTO

P1 ING-INF/04

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Sistemi e Informatica

---

vedi Fondamenti di Automatica - INE

**Disciplina:** N168BMS **FONDAMENTI DI ELETTROMAGNETISMO** ING-INF/02

**Corso di Studio:** BMS IEL IDT INE **Crediti:** 5 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** SELLERI STEFANO RC ING-INF/02 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Elettron. e delle Telecom.

---

Richiami di matematica - Generalità sui sistemi di coordinate: cartesiane, cilindriche, sferiche. Operazioni differenziali ed integrali su funzioni scalari e vettoriali. Funzione di Dirac. Trasformata di Fourier.

Equazioni di Maxwell - Equazioni di Maxwell in forma differenziale. Equazioni di Maxwell nel dominio della frequenza. Equazioni di Maxwell in un mezzo omogeneo. Equazioni di Maxwell in un mezzo non omogeneo. Onde piane.

Energia associata ad un campo elettromagnetico - Teorema di Poynting nel dominio del tempo. Teorema di Poynting nel dominio della frequenza.

Teoria circuitale delle linee di trasmissione - Costanti primarie di una linea di trasmissione. Tensione e corrente lungo una linea di trasmissione. Costanti secondarie di una linea di trasmissione. Linee prive di perdite: linea adattata, linea aperta, linea in corto circuito, linea chiusa su un carico generico. Linee con piccole perdite. Carta di Smith e suo uso. Matrice di Scattering. Adattamento di una linea al carico. Analogia onda piana/linee di trasmissione.

**Disciplina:** P346BMS **IMPIANTI OSPEDALIERI**

ING-IND/34

**Corso di Studio:** BMS

**Crediti:** 5 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** DUBINI FERRUCCIO

CRE

**Copertura:** CRETR

**Ente appartenenza:**

---

1. Panoramica del tipo di impianti presenti all'interno delle strutture ospedaliere
2. Legislazione e normativa di riferimento
3. Ciclo vita degli impianti (Progettazione, Commissioning, Qualifica (IQ, OQ, PQ), controlli periodici e riqualifica, smaltimento)
4. Impianti elettrici (sistemi di protezione, verifiche, etc)
5. Impianti di condizionamento (caratteristiche microclimatiche, inquinamento chimico, monitoraggio, protezione degli operatori etc )
6. Valutazione del rischio nell'ambito di strutture ospedaliere
7. Analisi dei processi nell'ambito di strutture ospedaliere
8. Certificazione di processo e di prodotto nell'ambito delle strutture ospedaliere

**Disciplina:** N184BMS **INFORMATICA MEDICA**

ING-INF/06

**Corso di Studio:** BMS

**Crediti:** 5 **Tipo:** C

**Note:**

**Docente:** MARCHESI CARLO

P1 ING-INF/06

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Sistemi e Informatica

---

- 
- Introduzione: cos'è la bioingegneria elettronica
  - Il corpo umano come un sistema dinamico. Cos'è un sistema dinamico.
  - Modelli, segnali e sistemi biomedici: dati, loro acquisizione e caratteristiche, parametri rilevanti nel tempo e in frequenza. Il punto di vista del clinico.
  - Tipi di modelli: matematici: parametri concentrati (compartimentali - dosaggio farmaci), parametri distribuiti, lineari e non lineari
  - Caratteristiche dei segnali e sistemi biomedici, stazionarietà, finestraggio, metodi di stima di parametri temporali e spettrali
  - Esempi: EEG, ECG, ossimetria, flusso sanguigno, ultrasonografia, risonanza magnetica, ecc
  - Trasformata discreta di Fourier: pregi e limiti
  - Teoria dei sistemi lineari, modelli, identificazione parametrica, stima spettrale parametrica: pregi e limiti
  - Esempi: confronto fra FFT e PSD parametrica su segnali biomedici stazionari e non stazionari, anche tramite applicazioni in Laboratorio con Matlab
  - Analisi tempo-frequenza, filtraggio e stima del rumore
  - Verifica del modello e analisi dei dati.

**Corso di Studio:** BMS

**Crediti:** 6 **Tipo:** C

**Note:**

**Docente:** IADANZA ERNESTO

CRE

**Copertura:** CRETR

**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Elettron. e delle Telecom.

- 
- Aspetti generali dell'Ingegneria Clinica e gestione delle tecnologie  
Esigenze attuali dell'Ingegneria Clinica.  
Normativa nazionale ed europea sulle attività sanitarie (aziendalizzazione, qualità, requisiti, processi, obiettivi, linee guida, percorsi, etc.).  
Accreditamento, autorizzazione, accordi aziendali.  
Atto di indirizzo e di coordinamento DPR 14 gennaio 1997  
Requisiti minimi strutturali e tecnologici generali  
Valutazione tecnica del parco apparecchi, vetustà, pianificazione degli acquisti, D.Lgs. 365/1996, offerta al prezzo più basso, offerta economicamente più vantaggiosa.  
Codifica tipologica (AGMAGEST, ECRI)  
Inventario  
Collaudo amministrativo, tecnico, prestazionale.  
Manutenzione ordinaria, tasso di guasto, manutenzione preventiva, rinnovo tecnologico.  
Documentazione tecnica e degli interventi (libretto di macchina).
  
  - Tecnologie e processi sanitari: sicurezza e valutazione dei rischi  
D. Lgs. 626/1994.  
Valutazione del rischio.  
Datore di lavoro, dirigente, preposto, servizio di prevenzione e protezione.  
Insufficienza degli aspetti formali.  
Formazione ed informazione del personale.  
Uso sicuro.  
Uso appropriato.  
Uso economico.  
Tariffe ospedaliere e benchmarking.  
Rinnovo e potenziamento tecnologico come elementi di sicurezza.
  
  - Verifiche apparecchi: aspetti metodologici  
Apparecchi elettromedicali secondo la norma CEI 62-5 e apparecchi "biomedici" secondo il D.Lgs. 46/97 (dispositivi medici).  
Classificazione.  
Verifiche di sicurezza: aspetti generali.  
Esame visivo.  
Resistenza di protezione, correnti di dispersione: MD (compensazione alla frequenza).
  
  - Verifiche apparecchi: prove particolari (l'elettrobisturi)  
Introduzione.  
Principi fisici della elettrochirurgia, principio di funzionamento, modalità d'uso, tipologie costruttive.  
Effetti non voluti dell'elettrobisturi.  
La normativa elettrica vigente.  
Tipologia delle ustioni, percorsi della corrente non voluti, ustione da contatto, ustioni da corrente cutanea.  
Prescrizioni costruttive.  
Effetto del calore specifico sui tessuti.  
Continuità conduttore dell'elettrodo neutro.  
Equazione dell'effetto termico, esempi concreti sull'innalzamento della temperatura.
  
  - Elettrocardiografia e cardiostimolazione.  
Richiami di fisiologia: derivazione standard, segni clinici dell'ECG.  
Captatori: potenziale d'elettrodo, interfaccia elettrodo-cute, tipologie principali di elettrodi.  
Elettrocardiografo: specifiche tecniche, schema a blocchi, schemi elettrici di dettaglio.  
Disturbi nelle registrazioni elettrocardiografiche.  
Pacemaker: tipologie, schema elettronico, aspetti tecnologici, affidabilità.  
Defibrillatore: schema elettrico, aspetti costruttivi, problemi di sicurezza.
  
  - Sistemi di apparecchi e gestione della complessità: sistemi per anestesia.

Problematiche dell'anestesia.  
Nozione di sistema e gestione della complessità.  
Schema generale di un sistema per anestesia.  
Dettaglio del sistema idraulico e del percorso della miscela anestetica.  
Componenti principali del sistema: valvole, flussometri, vaporizzatore.  
Ventilatori polmonari: principio di funzionamento e tipologie di controllo della respirazione (controllo in pressione e in volume/flusso); caratteristiche dei ventilatori per anestesia.  
Tipologia e livello degli allarmi.  
Controlli qualitativi e quantitativi.

- Impianti elettrici: aspetti fondamentali  
Sicurezza degli impianti elettrici: aspetti generali.  
Classificazione dei locali, zona paziente e protezione contro il contatto diretto e indiretto.  
Documentazione.

---

- Aspetti generali dell'Ingegneria Clinica e gestione delle tecnologie  
Esigenze attuali dell'Ingegneria Clinica.  
Normativa nazionale ed europea sulle attività sanitarie (aziendalizzazione, qualità, requisiti, processi, obiettivi, linee guida, percorsi, etc.).  
Accreditamento, autorizzazione, accordi aziendali.  
Atto di indirizzo e di coordinamento DPR 14 gennaio 1997  
Requisiti minimi strutturali e tecnologici generali  
Valutazione tecnica del parco apparecchi, vetustà, pianificazione degli acquisti, D.Lgs. 365/1996, offerta al prezzo più basso, offerta economicamente più vantaggiosa.  
Codifica tipologica (AGMAGEST, ECRI)  
Inventario  
Collaudo amministrativo, tecnico, prestazionale.  
Manutenzione ordinaria, tasso di guasto, manutenzione preventiva, rinnovo tecnologico.  
Documentazione tecnica e degli interventi (libretto di macchina).

- Tecnologie e processi sanitari: sicurezza e valutazione dei rischi  
D. Lgs. 626/1994.  
Valutazione del rischio.  
Datore di lavoro, dirigente, preposto, servizio di prevenzione e protezione.  
Insufficienza degli aspetti formali.  
Formazione ed informazione del personale.  
Uso sicuro.  
Uso appropriato.  
Uso economico.  
Tariffe ospedaliere e benchmarking.  
Rinnovo e potenziamento tecnologico come elementi di sicurezza.

- Verifiche apparecchi: aspetti metodologici  
Apparecchi elettromedicali secondo la norma CEI 62-5 e apparecchi "biomedici" secondo il D.Lgs. 46/97 (dispositivi medici).  
Classificazione.  
Verifiche di sicurezza: aspetti generali.  
Esame visivo.  
Resistenza di protezione, correnti di dispersione: MD (compensazione alla frequenza).

- Verifiche apparecchi: prove particolari (l'elettrobisturi)  
Introduzione.  
Principi fisici della elettrochirurgia, principio di funzionamento, modalità d'uso, tipologie costruttive.  
Effetti non voluti dell'elettrobisturi.  
La normativa elettrica vigente.  
Tipologia delle ustioni, percorsi della corrente non voluti, ustione da contatto, ustioni da corrente cutanea.  
Prescrizioni costruttive.  
Effetto del calore specifico sui tessuti.  
Continuità conduttore dell'elettrodo neutro.  
Equazione dell'effetto termico, esempi concreti sull'innalzamento della temperatura.

- Elettrocardiografia e cardiostimolazione.  
Richiami di fisiologia: derivazione standard, segni clinici dell'ECG.  
Captatori: potenziale d'elettrodo, interfaccia elettrodo-cute, tipologie principali di elettrodi.

Elettrocardiografo: specifiche tecniche, schema a blocchi, schemi elettrici di dettaglio.

Disturbi nelle registrazioni elettrocardiografiche.

Pacemaker: tipologie, schema elettronico, aspetti tecnologici, affidabilità.

Defibrillatore: schema elettrico, aspetti costruttivi, problemi di sicurezza.

- Sistemi di apparecchi e gestione della complessità: sistemi per anestesia.

Problematiche dell'anestesia.

Nozione di sistema e gestione della complessità.

Schema generale di un sistema per anestesia.

Dettaglio del sistema idraulico e del percorso della miscela anestetica.

Componenti principali del sistema: valvole, flussometri, vaporizzatore.

Ventilatori polmonari: principio di funzionamento e tipologie di controllo della respirazione (controllo in pressione e in volume/flusso); caratteristiche dei ventilatori per anestesia.

Tipologia e livello degli allarmi.

Controlli qualitativi e quantitativi.

- Impianti elettrici: aspetti fondamentali

Sicurezza degli impianti elettrici: aspetti generali.

Classificazione dei locali, zona paziente e protezione contro il contatto diretto e indiretto.

Documentazione.

Riabilitazione – concetti introduttivi, terminologia

Disabilità, menomazione e indipendenza

Modelli di ricerca e sviluppo

Tecnologie avanzate (cenni): Smart house, sensori, tecnologia wireless, internet

Menomazioni motorie: sedie a rotelle, dispositivi per la mobilità, esoscheletri, robotica assistiva.

Menomazioni cognitive: dispositivi per la memoria, dispositivi di localizzazione e guida, altri dispositivi

Menomazioni visive: anatomia e fisiologia dell'occhio, spettro elettromagnetico, dispositivi portatili per la

lettura/scrittura elettronica, ausili per gli spostamenti, segnaletica pedonale accessibile, altri dispositivi

Menomazioni uditive: anatomia e fisiologia dell'orecchio, il suono, frequenze acustiche e codifica dell'informazione,

ipoacusia, ausili uditivi, dispositivi impiantabili, dispositivi per l'assistive listening.

Menomazioni della parola: anatomia e fisiologia dell'apparato vocale, frequenze vocaliche, parametri principali

(frequenza fondamentale, formanti, etc.), spettrogramma, qualità della voce.

La comunicazione umana, disturbi della voce: disfonie, balbuzie, afasia, disartria, demenza, dislessia, tremore, paralisi

delle corde vocali, malformazioni, etc. Anamnesi, (videotele)laringoscopia, analisi acustica, analisi percettiva,

chimoграфия. Tecniche di riabilitazione, tecnologie assistive.

Analisi acustica della voce: modello della glottide, del tratto vocale e delle labbra, metodi di stima della frequenza

fondamentale, relazione fra predizione lineare, filtraggio inverso, identificazione parametrica (cenni).

Misure della qualità della voce: jitter, shimmer, tremore, misure del rumore (SNR, NHR, NNE, etc).

Metodi di analisi spettrale classici: Trasformata di Fourier Discreta, sua applicazione a sequenze di dati finestrati,

pregi e difetti. La trasformata wavelet (cenni). Esempi applicativi, anche con riferimento al software commerciale.

Qualità della voce: stima delle formanti con metodi classici (periodogramma, correlogramma, metodi misti) e con

metodi parametrici (modelli AR). Esempi applicativi e considerazioni su vantaggi e svantaggi di entrambi gli approcci.

Valutazione della disфония con tecniche di elaborazioni di immagini applicate alla videochimoграфия. Estrazione

contorni della vibrazione delle corde vocali e quantificazione di asimmetrie e irregolarità. Esempi applicativi in C++.

Lezioni applicative in Laboratorio: analisi della voce (frequenza fondamentale, formanti, misura del rumore, immagini

videochimografiche). Analisi di immagini radiografiche della mano.

Analisi dei movimenti degli arti superiori in ambito musicale, metodiche riabilitative. Quadro riassuntivo delle

disabilità e dello stato dell'arte nelle tecnologie assistive. Possibili sviluppi futuri.

Il punto di vista dell'utente: problemi psicologici e sociali.

Riabilitazione – concetti introduttivi, terminologia

Disabilità, menomazione e indipendenza

Modelli di ricerca e sviluppo

Tecnologie avanzate (cenni): Smart house, sensori, tecnologia wireless, internet

Menomazioni motorie: sedie a rotelle, dispositivi per la mobilità, esoscheletri, robotica assistiva.

Menomazioni cognitive: dispositivi per la memoria, dispositivi di localizzazione e guida, altri dispositivi

Menomazioni visive: anatomia e fisiologia dell'occhio, spettro elettromagnetico, dispositivi portatili per la

lettura/scrittura elettronica, ausili per gli spostamenti, segnaletica pedonale accessibile, altri dispositivi

Menomazioni uditive: anatomia e fisiologia dell'orecchio, il suono, frequenze acustiche e codifica dell'informazione,

ipoacusia, ausili uditivi, dispositivi impiantabili, dispositivi per l'assistive listening.

Menomazioni della parola: anatomia e fisiologia dell'apparato vocale, frequenze vocaliche, parametri principali

(frequenza fondamentale, formanti, etc.), spettrogramma, qualità della voce.

La comunicazione umana, disturbi della voce: disfonie, balbuzie, afasia, disartria, demenza, dislessia, tremore, paralisi

delle corde vocali, malformazioni, etc. Anamnesi, (videotele)laringoscopia, analisi acustica, analisi percettiva,

chimoграфия. Tecniche di riabilitazione, tecnologie assistive.

Analisi acustica della voce: modello della glottide, del tratto vocale e delle labbra, metodi di stima della frequenza

fondamentale, relazione fra predizione lineare, filtraggio inverso, identificazione parametrica (cenni).

Misure della qualità della voce: jitter, shimmer, tremore, misure del rumore (SNR, NHR, NNE, etc).

Metodi di analisi spettrale classici: Trasformata di Fourier Discreta, sua applicazione a sequenze di dati finestrati,

pregi e difetti. La trasformata wavelet (cenni). Esempi applicativi, anche con riferimento al software commerciale.

Problematiche cognitive (seminario).

Sistemi di apprendimento automatici: tecniche di soft computing a algoritmi genetici.

Qualità della voce: stima delle formanti con metodi classici (periodogramma, correlogramma, metodi misti) e con

metodi parametrici (modelli AR). Esempi applicativi e considerazioni su vantaggi e svantaggi di entrambi gli approcci.

Valutazione della disfonia con tecniche di elaborazioni di immagini applicate alla videochimografia. Estrazione contorni della vibrazione delle corde vocali e quantificazione di asimmetrie e irregolarità. Esempi applicativi in C++. Lezioni applicative in Laboratorio: analisi della voce (frequenza fondamentale, formanti, misura del rumore, immagini videochimografiche). Analisi di immagini radiografiche della mano.

Il punto di vista dell'utente: problemi psicologici e sociali.

**Disciplina:** P339BMS **MATEMATICA PER LA BIOINGEGNERIA**

MAT/05

**Corso di Studio:** BMS

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** CECCHI MARIELLA

25U MAT/05

**Copertura:** CONCS

**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Elettron. e delle Telecom.

---

1) Problemi di ottimizzazione per campi scalari reali.

Estremi liberi e vincolati di un campo scalare in  $\mathbb{R}^n$ . Regola dei moltiplicatori di Lagrange

2) Elementi di equazioni differenziali e problemi ai limiti.

Equazioni differenziali ordinarie e sistemi di equazioni differenziali ordinarie del primo ordine in forma normale.

Problema di Cauchy. Teorema di esistenza e teorema di esistenza ed unicità di soluzioni locali e massimali del problema di Cauchy. Equazioni differenziali di ordine  $n$  in forma normale: equivalenza con un sistema di  $n$  equazioni differenziali del primo ordine. Problema di Cauchy e teoremi relativi per l'equazione di ordine  $n$ . Equazioni lineari e persistenza delle relative soluzioni. Equazioni lineari e affini di ordine  $n$ : integrale generale. Equazioni lineari a coefficienti costanti. Metodi rapidi per la ricerca di un integrale particolare.

3) Elementi di Analisi Complessa.

Funzioni complesse di variabile complessa. Parte reale e parte immaginaria. Limiti. Continuità. Derivabilità: condizioni di Cauchy-Riemann. Funzioni armoniche. Successioni e serie di numeri complessi. Successioni di funzioni, serie di funzioni, serie di potenze nel campo complesso e relative proprietà. Funzione esponenziale, funzioni trigonometriche, logaritmo nel campo complesso. Proprietà relative. Formule di Eulero. Integrazione nel campo complesso. Teorema di Cauchy. Funzioni analitiche. Zeri e poli di una funzione analitica. Punti singolari e loro classificazione. Residui. Teorema dei residui. Serie bilatere. Serie di Laurent.

4) Integrali impropri di funzioni reali di variabile reale. Integrali di funzioni non limitate su insiemi limitati, di funzioni limitate su insiemi non limitati, di funzioni possibilmente non limitate su insiemi non limitati. Criteri di convergenza nei vari casi. Convergenza assoluta. Valore proprio di un integrale.

5) Forma complessa della serie di Fourier. Trasformata di Fourier. Antitrasformata di Fourier. Loro proprietà. Teorema di Plancherel: cenni. Campionamento. Teorema di Shannon. Applicazioni alla Bioingegneria.

**Disciplina:** P303BMS **METODOLOGIE AVANZATE IN MEDICINA** MED/09

**Corso di Studio:** BMS **Crediti:** 3 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** MODESTI PIETRO AMEDEO P2S MED/09 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Servizi Generali

---

**Disciplina:** P349BMS **MODELLI DI SISTEMI FISIOLGICI**

ING-INF/06

**Corso di Studio:** BMS

**Crediti:** 5 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** EVANGELISTI ATTILIO

P2 ING-INF/06

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Sistemi e Informatica

---

Principali proprietà dei sistemi fisiologici con riferimento a quelle tradizionali proprie dei sistemi tecnologici.

Sistema Neurosensoriale

Il potenziale d'azione. Modello statico della membrana della cellula eccitabile.

Derivazione teorica del potenziale di Nernst per le singole specie ioniche. Derivazione del modello elettrico della cellula eccitabile

Sistema Neuromuscolare

Struttura e proprietà microscopiche del muscolo scheletrico. Fenomeni biochimici ed energetici alla base della contrazione muscolare. Proprietà meccaniche e funzionali del muscolo scheletrico. Modello statico del muscolo scheletrico.

Sistema Cardiovascolare

Modello funzionale del muscolo cardiaco. Dinamica e modellistica del ventricolo sinistro e delle valvole cardiache. Rappresentazione in termini modellistici dell'emodinamica arteriosa e venosa.

**Disciplina:** P347BMS **MODELLI DI SISTEMI FISIOLOGICI II**

ING-INF/06

**Corso di Studio:** BMS

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:**

**Docente:** EVANGELISTI ATTILIO

P2 ING-INF/06

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Sistemi e Informatica

---

Sistema Neurosensoriale

Modello dinamico della membrana della cellula eccitabile. Proprietà di cavo dell'assone. Proprietà e modello della propagazione del potenziale d'azione.

Sistema Neuromuscolare

Modello dinamico del muscolo scheletrico. Cenni alla teoria di Huxley. Il fuso neuromuscolare. Cenni ai sistemi muscolari integrati ed al controllo del sistema motorio.

Sistema Cardiovascolare

Descrizione e discussione in termini ingegneristici dei principali meccanismi di regolazione e di controllo del sistema cardiovascolare.

Sistemi a Compartimenti

Definizione di compartimento. Analisi e rappresentazione modellistica di sistemi a compartimenti. Esempio di applicazione allo studio della funzionalità epatica.

Elementi di Ricerca Operativa

Criteri generali alla base della definizione di una funzione costo. Descrizione dei principali metodi analitici e numerici per la sua minimizzazione con esempi applicativi su calcolatore numerico.

Elementi di Teoria dell'Identificazione

Principi di identificabilità strutturale. Metodi analitici e numerici per la stima ottima dei parametri di un sistema dinamico. Cenni sulla precisione della stima.

**Disciplina:** N309BMS **PRINCIPI DI PROGETTAZIONE MECCANICA** ING-IND/14

**Corso di Studio:** BMS IGE INE **Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** VANGI DARIO P2 ING-IND/14 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

**Disciplina:** P348BMS **PROGRAMMAZIONE DEI CALCOLATORI** ING-INF/05  
**ELETTRONICI**

**Corso di Studio:** BMS **Crediti:** 4 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** VICARIO ENRICO P1 ING-INF/05 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Sistemi e Informatica

---

L'obiettivo del corso è di fornire la conoscenza teorica e pratica della programmazione dei calcolatori.

Nella prima parte del corso, sono trattati in breve i principi in base ai quali una CPU esegue le istruzioni di un programma in linguaggio macchina e assembler, e sono introdotti elementi di teoria dei linguaggi. Viene poi presentato il linguaggio C, con una trattazione dettagliata e formale, mirata a raggiungere una piena padronanza del linguaggio attraverso il riferimento congiunto alla teoria dei linguaggi e ai principi di esecuzione inizialmente introdotti.

Nella seconda parte del corso, viene introdotto il concetto di struttura dati, ed è trattato in dettaglio il problema della rappresentazione in diverse forme delle liste e delle operazioni ad esse applicate. Viene poi introdotto il concetto di complessità di un algoritmo, i problemi della ricerca e dell'ordinamento, e sono trattati in dettaglio gli algoritmi che li risolvono.

La trattazione degli algoritmi e delle strutture dati offre l'occasione concreta per applicare il linguaggio di programmazione studiato nella prima parte del corso, come anche la valutazione di complessità e vari altri concetti quali verifica di correttezza e i principi della programmazione strutturata.

**Disciplina:** S342BMS **SISTEMI INFORMATICI PER LA MEDICINA**

ING-INF/06

**Corso di Studio:** BMS

**Crediti:** 6 **Tipo:** C

**Note:**

**Docente:** PAOLETTI MATTEO

CRE

**Copertura:** CRETR

**Ente appartenenza:** Dip. Sistemi e Informatica

---

Tipi di dati in medicina, introduzione data warehouse  
Struttura data warehouse  
Sistemi di acquisizione dati, sistemi operazionali  
La cartella clinica informatica, variabili categoriche, il problema della metrica  
Matrici di dati, preparazione dei dati, dati mancanti, dati eterogenei  
Esplorazione grafica, Componenti Principali  
Esercitazione Live Mathcad, Calcolo PCA e funz. Grafiche.  
Metriche generalizzate  
Multidimensional scaling, utilizzo di software per l'analisi dei dati  
Analisi delle corrispondenze multiple, esempi clinici, uso di xlstat  
Introduzione alla classificazione, analisi dei clusters, k-means  
Classificazione bayesiana  
Cartella Informatica Infermieristica  
Funzioni discriminanti, assi canonici, rivelazione/classificazione  
Modelli lineari e modello LOGIT  
Trasmissione dati sul territorio, monitoraggio  
Esercitazioni, esempi di applicativi per l'analisi dei dati  
Reti trasmissione TCP / IP  
Reti wireless  
Cartella clinica, un esempio applicativo  
Progetto di Interfaccia Utente  
Applicazioni e dispositivi wireless

**Disciplina:** N180BMS **STRUMENTAZIONE BIOMEDICA**

ING-INF/06

**Corso di Studio:** BMS IEL IME

**Crediti:** 5 **Tipo:** C

**Note:** IME= ELEM DI STRUM BIOMED

**Docente:** MARCHESI CARLO

P1 ING-INF/06

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Sistemi e Informatica

---

---

VEDI PROGRAMMA "STRUMENTAZIONE BIOMEDICA" - CORSO DI LAUREA ING. ELETTRONICA (IEL)

**Disciplina:** N233BMS **TECNOLOGIA DEI MATERIALI E CHIMICA** ING-IND/22  
**APPLICATA**

**Corso di Studio:** BMS IME 270 **Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** GALVANETTO EMANUELE P2 ING-IND/22 **Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Ingegneria Civile

---

Introduzione alla scienza e tecnologia dei materiali.

Classi di materiali. Legami atomici e molecolari. Solidi ionici, covalenti, metallici e molecolari.

Proprietà dei materiali. Cenni sulla struttura a bande dei solidi. Proprietà ottiche ed elettriche.

Comportamento meccanico dei materiali. Determinazione delle proprietà meccaniche dei materiali. Prova di trazione.

Rigidezza, resistenza, durezza, tenacità. Rottura duttile e fragile. Resilienza. Materiali cristallini e amorfi.

Celle elementari e reticoli cristallini. Principali strutture cristalline dei metalli. Difetti reticolari. Solidificazione.

Cinetiche di nucleazione ed accrescimento. Diffusione atomica nei solidi. Leggi di Fick. Trattamenti di diffusione.

Trasformazioni di fase non-diffusive.

Principi di microscopia ottica, elettronica e di diffrazione di raggi X.

Diagrammi di stato a due componenti con solubilità reciproca completa, nulla e parziale allo stato solido. Formazione di composti. Trasformazioni eutettiche e peritettiche.

Rafforzamento dei materiali metallici.

Diagramma Fe-C. Trasformazione dell'austenite al raffreddamento. Trattamenti termici massivi e superficiali degli acciai. Trattamenti termici degli acciai al carbonio: ricottura, normalizzazione, tempra, rinvenimento.

Classificazione e designazione degli acciai. Riduzione degli ossidi di ferro. Alto forno. Affinazione della ghisa.

Convertitori. Proprietà degli acciai al variare del tenore di carbonio. Acciai al carbonio. Acciai inossidabili.

Leghe di alluminio. Indurimento per precipitazione.

Ossidazione a caldo. Cinetica.

Meccanismo elettrochimico di corrosione ad umido: aspetti stechiometrici, termodinamici e cinetici. Accoppiamento galvanico o polarizzazione esterna. Metodi di prevenzione e protezione: prevenzione per modifica della superficie del metallo, protezione elettrica. Forme di corrosione localizzata. Ambienti di corrosione.

Potere calorifico. Aria di combustione, volume e composizione dei fumi. Temperatura teorica di combustione.

Temperatura di ignizione, limiti di infiammabilità. Potenziale termico.

Classificazione dei combustibili, combustibili di interesse industriale, cokificazione, raffinazione del petrolio, gas naturale. Carburanti: benzine e oli per diesel.

**Disciplina:** N305BMS **TECNOLOGIA MECCANICA**

ING-IND/16

**Corso di Studio:** BMS IME IGE INE

**Crediti:** 6 **Tipo:** A

**Note:** .

**Docente:** DEL TAGLIA ANDREA

25U ING-IND/16

**Copertura:** AFF03

**Ente appartenenza:** Dip. Meccanica e Tecn. Indust.

---

Inquadramento della materia e introduzione ai sistemi di produzione. La Tecnologia Meccanica nel mondo dei sistemi produttivi; classificazione dei processi; criteri di scelta del processo.

Caratterizzazione dei materiali. Comportamento dei materiali in campo plastico; prove meccaniche, macchine e modalità di prova.

Integrità superficiale, attrito ed usura. Caratterizzazione microgeometrica delle superfici; teoria adesiva dell'attrito; usura e meccanismi di usura.

Processi di fonderia. Formatura in forma temporanea e permanente; prestazioni dei vari processi di fonderia e criteri generali di scelta del processo.

Processi di deformazione plastica. Principali processi di deformazione plastica: descrizione dei processi, delle loro prestazioni e delle macchine per deformazione plastica.

Processi di asportazione. Principali processi di lavorazione per asportazione di truciolo. Materiali e geometria degli utensili; architettura e caratteristiche costruttive ed operative delle principali famiglie di macchine utensili.

Processi di giunzione. Processi di saldatura; classificazione e descrizione dei principali processi: tecnologia degli incollaggi.

Processi di lavorazione dei materiali polimerici e polimerici rinforzati. Panoramica sui processi di lavorazione dei materiali polimerici e compositi a matrice polimerica.

Processi ad alta densità di energia. Panoramica sulle lavorazioni non convenzionali; laser, plasma, idrogetto, elettroerosione.

Misure e collaudi. Strumenti di misura e collaudo; strumenti meccanici ed elettrici; trasduttori digitali ed analogici; macchine di misura a coordinate e macchine speciali.

Introduzione al Controllo Numerico. Architettura del controllo numerico; elementi meccanici e azionamenti delle macchine a controllo numerico; concetti di base di programmazione; i Centri di Lavorazione.

Introduzione agli Studi di Fabbricazione. Problematiche inerenti la scelta del grezzo e del processo primario; criteri di scelta delle superfici di riferimento, delle macchine, delle attrezzature e degli utensili necessari.

Introduzione alla organizzazione e programmazione della produzione. Modelli di Layout; obiettivi della programmazione; elementi fondamentali sulla gestione dei materiali e sulla gestione operativa della produzione.

**Note:**

**INTRODUZIONE :** approccio computazionale alla diagnostica per immagini.

**METODI di RICOSTRUZIONE delle IMMAGINI**

Richiami alla formazione di bioimmagini. Limiti della radiografia convenzionale. Il problema della ricostruzione e visualizzazione 3D. Generazione di proiezioni: tomografia per trasmissione, tomografia per emissione. Ricostruzione matematica di tomografie. Cenni ai metodi iterativi. Trasformata di Radon, operatore di retroproiezione, teorema della sezione centrale. L'algoritmo di retroproiezione filtrata. Problemi fisici nella ricostruzione. Altre geometrie di scansione. Ricostruzione di immagini in tomografia RM: Generazione di proiezioni in RM, Metodo di Fourier.

**VISIONE ARTIFICIALE di IMMAGINI MEDICHE**

Cenni alla visione biologica. Il sistema visivo umano. Visione artificiale. Il problema del trattamento delle immagini biomediche. I sistemi di ausilio alla diagnostica per immagini (CAD: Computer Aided Diagnosis Systems) e loro caratteristiche.

Scala di rappresentazione (piramidi gaussiane, filtri di Gabor, il problema della scelta della scala), tipi di rappresentazione (contorni, regioni), tipi di scansione dell'immagine, architettura modulare.

**SEGMENTAZIONE di IMMAGINI:** Riconoscimento di regioni mediante istogramma dei grigi e 6 criteri di soglia (con preelaborazione per compensare il fondo non uniforme), oppure mediante accrescimento di regioni (ricorsivo o iterativo) oppure mediante suddivisione di regioni. Cenni alle operazioni morfologiche e alla etichettatura di regioni connesse. Riconoscimento di contorni (mediante medie mobili elementari, filtraggio gaussiano, laplaciano di gaussiana) e collegamento di elementi di contorno in contorni completi: esempi applicativi, funzionali e programmazione dinamica, modelli deformabili (Snake).

**ANALISI quantitativa di IMMAGINI MEDICHE**

**ANALISI DELLA TESSITURA:** Istogramma, autocorrelazione e spettro di potenza. Densità di probabilità di ordine superiore e matrici di cooccorrenza. Filtri spaziali orientati.

**ANALISI DELLA FORMA:** indici geometrici, descrittori di Fourier, analisi della curvatura in 2D (approssimazione ellittica di Fourier) e 3D (superfici, curvature principali, indice di forma). Approfondimento sull'analisi della forma del ventricolo sinistro (visualizzazione, spessore e tensione del miocardio).

**ANALISI DEL MOVIMENTO:** Analisi spazio-temporale e quasi-statica. Il flusso ottico: equazioni e limiti, stima col metodo di Horn e Shunk. Il metodo delle corrispondenze. Applicazione allo studio di movimenti umani (cenni). Applicazione allo studio della funzione regionale della contrazione cardiaca (tecnologie di imaging per lo studio della contrazione cardiaca, sistemi di riferimento geometrici, metodo con ottimizzazione di funzionali: uniform mapping + shape based matching, descrizione di movimento e deformazione). Applicazione allo studio della perfusione del miocardio (territori di irrorazione delle coronarie, cenni alle curve di diluizione, ecocardiografia con mezzo di contrasto, ad alto e basso indice meccanico).

**ESERCITAZIONE SOFTWARE al LABORATORIO:** segmentazione ed analisi di immagini di reti vascolari.

**INTERPRETAZIONE di IMMAGINI MEDICHE :** approccio data-driven e model-driven. Training set.

**SISTEMI di RICONOSCIMENTO STATISTICI** (regola di bayes) e **SINTATTICI** (cenni).

**SISTEMI basati su REGOLE** (inferenza logica, induzione logica). Insiemi sfumati (fuzzy set) e sistemi basati su logica fuzzy. Applicazione alla classificazione dei movimenti del ventricolo sinistro.

**RETI NEURALI ARTIFICIALI**

Introduzione e cenni storici. Il neurone artificiale. Modelli di reti neurali. Computabilità ed addestramento. Legge di Hebb. Percettroni. Reti eteroassociative: regola delta e regola delta

generalizzata. Sistemi autoorganizzanti. Standard Competitive Learning. Topology preserving map. La mappa computazionale di Kohonen.

**ALGORITMI EVOLUTIVI**

Ottimizzazione evolutiva: popolazioni, individui, cromosomi e geni. Operatori genetici. Esempi di applicazione: il problema del commesso viaggiatore. Il teorema degli schemi. Ottimizzazione di classificatori a regole. Sistemi ibridi di soft-computing.

