



# UNIVERSITÀ DI PISA

## FISICA E STATISTICA MEDICA

**ANDREA VERLICCHI**

Anno accademico

2023/24

CdS

MEDICINA E CHIRURGIA

Codice

001BF

CFU

9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
FISICA MEDICA	FIS/07	LEZIONI	75	ANDREA VERLICCHI
STATISTICA MEDICA	MED/01	LEZIONI	37.50	MICHELA MARINARI

### Obiettivi di apprendimento

#### Conoscenze

#### Corso Integrato di Fisica e Statistica Medica

#### CORE CURRICULUM

#### MODULO DI FISICA MEDICA

#### Introduzione

- Grandezze fisiche, misure, errori.

#### Cinematica

- Cinematica del punto materiale: velocità media, velocità istantanea, accelerazione. Caduta libera.
- Algebra vettoriale: somma, differenza, scomposizione di vettori. Moto di un proiettile. Moto parabolico. Prodotto scalare e vettoriale. Prodotto bivettore e misto.

#### Dinamica

- Dinamica: le tre leggi del moto di Newton. Peso e forza di gravità. Reazioni vincolari. Piano inclinato. Forza di attrito. Forza elastica.
- Il moto circolare: cinematica e dinamica. Forza di gravitazione universale. Satelliti artificiali. Leggi di Keplero.
- Lavoro ed Energia. Energia cinetica. Energia Potenziale. Forze conservative e forze non conservative. Conservazione dell'energia.
- Quantità di moto. Conservazione della quantità di moto. Urti. Urti elastici in una dimensione. Urti anelastici. Centro di massa.
- Moto rotatorio. Grandezze angolari. Momento d'inerzia. Dinamica rotazionale. Energia cinetica rotazionale. Conservazione del momento angolare.

#### Statica

- Condizioni di Equilibrio per un corpo rigido. Problemi di Statica.

#### Fluidi

- I fluidi. Densità assoluta e densità relativa. Pressione. Principio di Pascal. Legge di Archimede. Portata ed equazione di continuità. Equazione di Bernoulli. Viscosità. Equazione di Poiseuille.

#### Onde

- Vibrazioni e onde. Il moto armonico. Il pendolo semplice. Moto armonico smorzato. Onde longitudinali e trasversali. Intensità.
- Onde sonore. Corde vibranti. Intensità del suono: il decibel. L'orecchio e la sua risposta. Effetto Doppler acustico.

#### • Calore

- Propagazione del calore: convezione, conduzione, irraggiamento.
- Dissipazione del calore del corpo umano,

#### Termodinamica

- Equilibrio termico e principio zero della termodinamica. Termometri. Temperatura assoluta. Leggi dei gas perfetti.
- Il calore come trasferimento di energia. Energia interna e calore specifico. Esperienza di Joule. Calorimetria e passaggi di stato. Calore latente. Trasmissione del calore.
- Trasformazioni termodinamiche. Il primo principio della termodinamica. Trasformazioni cicliche e ciclo di Carnot. Il secondo



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

principio della termodinamica. Macchine termiche e frigorifere.

- Secondo principio.

### **Elettrostatica**

- Carica elettrica. Forza di Coulomb. Campo elettrico e linee di campo. Proprietà dei conduttori.
- Potenziale elettrico. Energia potenziale elettrostatica. Linee equipotenziali. Esempi di potenziali. I dielettrici: cenni.

### **Circuiti elettrici**

- L'intensità di corrente elettrica. Legge di Ohm.
- Resistenze in serie e parallelo.
- La resistenza elettrica del corpo umano.
- Circuiti domestici di sicurezza

- **Magnetismo**

- Forze magnetiche. Forza di Lorentz.
- Spettrometro e spettrometro di massa.

## **MODULO DI STATISTICA MEDICA**

### **Introduzione**

- Il ruolo della Biostatistica. Statistica descrittiva e inferenziale, popolazioni e campioni, dati sperimentali e dati osservazionali.

### **Statistica descrittiva**

- Parametri e variabili, tipi di variabili e scale di misura, qualità dei dati.
- Distribuzioni di frequenza, rapporti statistici, misure epidemiologiche fondamentali, misure di tendenza centrale e misure di variabilità, rappresentazioni grafiche.

### **Probabilità**

- Definizione, le proprietà elementari, operazioni sulle probabilità, il teorema di Bayes, sensibilità e specificità. Variabili casuali e distribuzioni di probabilità (binomiale, poisson, gaussiana).

### **Stime intervallari**

- Test delle ipotesi e stime. Distribuzione delle medie campionarie, intervalli di confidenza per la stima di medie e di proporzioni.

### **Test delle ipotesi**

- Logica di funzionamento di un test statistico, ipotesi nulla ed ipotesi alternativa, errori di 1° e 2° tipo, potenza di un test statistico.

### **Confronti fra due gruppi**

- Confronto statistico di due medie e di due proporzioni per campioni indipendenti e appaiati.

### **ANOVA**

- Confronto fra più di due medie: analisi di varianza a un criterio di classificazione e confronti post-hoc.

### **Correlazione e regressione**

- Il modello, i coefficienti e relativa inferenza.

### **Test non parametrici**

- Test di Mann-Whitney per due campioni indipendenti, test di Wilcoxon per dati appaiati, test di Kruskal-Wallis e test di Dunn per confronti post-hoc.

### *Modalità di verifica delle conoscenze*

Esercitazioni scritte durante il corso.

### *Capacità*

Risoluzione di semplici applicazioni della leggi della Meccanica al moto di corpi puntiformi e non, con riferimenti alla anatomia animale e umana. Conoscenza di base dei concetti di elettromagnetismo e di sicurezza elettrica.

### *Comportamenti*

Concetto e valutazione dell'errore di misura in senso fisico. Applicazione dei principi generali della Fisica nella valutazione di sistemi dinamici o



## UNIVERSITÀ DI PISA

statici relativamente complessi.

### Prerequisiti (conoscenze iniziali)

Conoscenze algebriche e trigonometriche di base. Concetti di analisi matematica.

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

#### MODULO DI FISICA MEDICA

Grandezze fisiche e unità di misura di spazio, tempo, massa. Significato di cifra significativa e valutazione dell'errore nel caso di semplici operazioni aritmetiche.

**Cinematica:** Moto unidimensionale: definizione di velocità media e istantanea e significato geometrico nel grafico S/T.

Definizione di accelerazione media. Moto uniformemente accelerato nel caso unidimensionale: grafici S/T e V/T.

Vettori: definizione geometrica. Somma e differenza con il metodo del parallelogramma e del poligono. Componenti e versori. Prodotto di un vettore per uno scalare: componenti cartesiane. Definizione di spostamento tra due punti come differenza tra due vettori posizione. Prodotto scalare tra vettori: espressione geometrica e cartesiana. Prodotto vettoriale.

Definizione vettoriale di velocità media e limite per la velocità vettoriale istantanea. Definizione di accelerazione vettoriale. Moto bidimensionale. Moto parabolico: gittata e quota massima. Accelerazione tangenziale e accelerazione normale. Moti relativi. Velocità relativa per sistemi di riferimento in moto rettilineo uniforme.

Dinamica del punto materiale: concetto di forza. Forza come vettore. Principio d'inerzia e leggi di Newton. Applicazioni della seconda legge di Newton al moto circolare uniforme e non. Attrito statico e dinamico. Lavoro di una forza. Forza elastica e legge di Hooke. Teorema dell'energia cinetica. Forze conservative e definizione di energia potenziale: energia potenziale della forza peso ed energia potenziale elastica.

Conservazione dell'energia meccanica  $E = K + U$ . Teorema dell'energia meccanica in presenza di forze non conservative. Quantità di moto.

Prima equazione cardinale della Meccanica. Impulso e teorema dell'impulso. Urti elastici e perfettamente anelastici. Forze interne ed esterne. Conservazione della quantità di moto per un sistema isolato.

Sistemi di masse puntiformi: definizione di centro di massa, di velocità e accelerazione del centro di massa.

Sistemi non inerziali: la forza centrifuga e cenni alle altre forze apparenti.

Momento della quantità di moto e momento di una forza: 2° equazione della Meccanica. Conservazione del momento della quantità di moto.

**Campo gravitazionale:** legge di gravitazione universale di Newton. Energia potenziale gravitazionale. Calcolo dell'energia di un satellite in orbita circolare. Leggi di Keplero e loro derivazione dalla legge di gravitazione e dai principi di conservazione: energia e momento della quantità di moto. Velocità di fuga.

**Moto armonico:** concetti generali e applicazione alla molla. Energia del moto armonico. Pendolo e pendolo composto: approssimazione per piccole oscillazioni.

**Corpo rigido:** momento d'inerzia con semplici esempi di calcolo. Teorema di Huygens-Steiner o degli assi paralleli (senza dimostrazione).

Energia totale come somma dell'energia cinetica di traslazione e di rotazione (teorema di König). Puro rotolamento. Seconda equazione cardinale applicata a corpi girevoli attorno ad un asse fisso; momento assiale:  $t = I\alpha$ . Statica del corpo rigido: condizioni di equilibrio.

**Propagazione per onde:** definizioni. Onde trasversali e longitudinali. Equazione delle onde progressive/regressive e stazionarie. Effetto Doppler acustico.

#### Meccanica dei fluidi

Pressione e unità di misura della pressione: il Pascal e l'atmosfera. Statica dei fluidi: legge di Stevino e spinta di Archimede. Legge di Pascal, applicazione al torchio idraulico. Teorema di Bernoulli e derivazione del teorema di Torricelli.

La circolazione sanguigna nel sangue (appunti disponibili)1.

#### Termodinamica

**Calorimetria:** temperatura e termometri; scala Celsius. Temperatura assoluta: il Kelvin. Dilatazioni termiche. Definizione di caloria; calore specifico e capacità termica. Calore molare. Principio zero della Termodinamica (equilibrio termico tra corpi). Calori latenti e cambiamenti di stato. Calorimetri (cenni). Equivalente meccanico del calore. Primo principio della Termodinamica per trasformazioni cicliche.

La propagazione del calore (appunti disponibili)2.

**Gas perfetti:** definizione di gas perfetto ed equazione di stato. Trasformazioni reversibili quasi statiche di un gas perfetto: isobara, isocora, isoterma e adiabatica con relativa rappresentazione grafica. Piano di Clapeyron (P-V). Lavoro di un gas perfetto e significato grafico in un piano di Clapeyron. Relazione di Mayer ( $C_p = C_v + R$ ). Energia interna e funzioni di stato. Primo principio della Termodinamica e sua forma differenziale. Cicli termodinamici applicati ai gas perfetti. Ciclo di Carnot e sua rilevanza teorica. Rendimento di una macchina termica a ciclo diretto (orario); rendimento di una macchina ideale a ciclo di Carnot. Efficienza di una macchina frigorifera (ciclo indiretto o antiorario). Teorema di Carnot (senza dimostrazione). Reversibilità ed irreversibilità: disuguaglianza di Clausius. Il secondo principio della Termodinamica. Principio di Clausius e Kelvin e dimostrazione della loro equivalenza.

#### Elettromagnetismo

**Campi elettrici:** Linea di forza di un campo vettoriale: caratteristiche generali. Legge di Coulomb. Principio di sovrapposizione lineare e sua applicazione al caso di cariche puntiformi: dipolo elettrico. Definizione di differenza di potenziale. Potenziale di una carica puntiforme: applicazione al caso di una spira circolare. Conduttori: proprietà generali. Il campo elettrico nella materia: cenni descrittivi. Macchine elettrostatiche: elettroforo di Volta e generatore di Van de Graaff.

**Corrente elettrica:** corrente continua e legge di Ohm; definizione di resistività. Potenza dissipata su una resistenza. Principi di Kirchhoff. Resistenze in serie ed in parallelo. Correnti alternate: definizione di corrente e potenziale efficace. Cenni sulla sicurezza elettrica.

**Campo magnetico:** descrizione delle proprietà generali di un magnete. Esperienza di Oersted. La forza di Lorentz. Sincrotrone e spettrometro di massa come esempi dell'applicazione della forza di Lorentz. L'elettron-volt. La forza di Ampere su un filo percorso da corrente. Unità di misura del campo magnetico: tesla e gauss. Unità di misura della corrente: definizione dell'ampere.

L'induzione magnetica: le esperienze di Faraday. Legge di Faraday-Lenz. Definizione di flusso (di un campo vettoriale) attraverso una superficie. Applicazioni della legge di Faraday e calcolo di correnti indotte.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Applicazioni tecnologiche dell'induzione magnetica: il motore elettrico e il trasformatore. Cenni ai superconduttori come caso limite di conservazione del flusso magnetico.

Onde elettromagnetiche: Proprietà generali delle onde elettromagnetiche nel vuoto. Lo spettro elettromagnetico (classificazione per sommi capi).

### **MODULO DI STATISTICA MEDICA**

Il modulo Statistica copre gli elementi di base della statistica descrittiva e inferenziale, indirizzando le conoscenze acquisite verso i problemi che il futuro medico troverà frequentemente nella letteratura biomedica.

### **Bibliografia e materiale didattico**

Per il Modulo di Fisica GIANCOLI - FISICA con fisica moderna - II edizione - Casa Editrice Ambrosiana. DAVID HALLIDAY, ROBERT RESNICK, JEARL WALKER- Fondamenti di Fisica - VI ed. - Casa Editrice Ambrosiana. Appunti del docente.

Per il modulo Statistica: ARMITAGE, BERRY: Statistica Medica, Mc Graw-Hill. COLTON: Statistica in Medicina. PICCIN-Padova. STANTON-GLANTZ: Statistica per disciplina biomediche, Mc Graw-Hill.

### **Modalità d'esame**

L'esame è basato su una prova scritta ed una orale. Sono previste inoltre alcune esercitazioni scritte intermedie su argomenti concordati. Le valutazioni di tali esercitazioni sono parte integrante della prova orale finale.

### **Note**

#### **RICEVIMENTO STUDENTI**

I docenti ricevono su appuntamento preso via e-mail o per telefono.

*Ultimo aggiornamento 07/11/2023 10:41*