



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2022/2023

## FISICA MEDICA

Anno immatricolazione	2022/2023
Anno offerta	2022/2023
Normativa	DM270
Dipartimento	DIPARTIMENTO DI MEDICINA INTERNA E TERAPIA MEDICA
Corso di studio	MEDICINA E CHIRURGIA
Curriculum	PERCORSO COMUNE
Anno di corso	1°
Periodo didattico	Primo Semestre (26/09/2022 - 13/01/2023)
Crediti	5
Lingua insegnamento	Italiano
Prerequisiti	Nella trattazione degli argomenti descritti nel seguito si fa riferimento ad alcune nozioni di base della Fisica quali elementi di Meccanica, di Termologia e Termodinamica, di Elettività e la descrizione dei fenomeni ondulatori.
Obiettivi formativi	<p>Finalità generali del corso di Fisica Medica</p> <p>Il corso si propone di fornire gli strumenti per un'adeguata comprensione dei fenomeni di fisica applicata alle scienze della vita (come la Medicina), nonché di molti aspetti di altre discipline di base (come la Chimica, la Fisiologia umana, le Tecnologie biomediche e così via). Vengono altresì approfonditi i temi energetici, la meccanica dei fluidi e i meccanismi di trasporto nei sistemi biologici, comprendendo l'insorgere e la propagazione dei fenomeni bioelettrici, e infine le basi fisiche delle più importanti metodiche di analisi di laboratorio e di diagnostica per uso clinico (come ad esempio la produzione di immagini).</p> <p>Lo studente alla fine del corso dovrà dimostrare di essere in grado di:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Distinguere fra grandezze scalari e grandezze vettoriali e per ciascuna grandezza fisica indicare e definire l'unità di misura nel Sistema Internazionale e nei sistemi pratici (in particolare quelli usati in Medicina).</li><li>- Applicare le leggi fisiche e le relazioni fra grandezze fisiche per la soluzione di problemi numerici nel campo biomedico.</li></ul>

#### (MECCANICA DEI FLUIDI e FENOMENI DI SUPERFICIE))

- Esprimere le caratteristiche proprie dei fluidi, definire le grandezze fisiche presenti in un fluido (come la pressione e la portata) con le relative diverse unità di misura e i loro fattori di conversione.
- Enunciare i principi di Pascal, Stevino e Archimede e applicare la nozione di pressione idrostatica a soggetti in posizione eretta.
- Fornire la descrizione del moto di un fluido in regime laminare e in regime turbolento in particolare individuandone le caratteristiche e la presenza nel sistema circolatorio.
- Saper applicare l'equazione di continuità nel caso di moto stazionario al sistema circolatorio.
- Applicare il principio di conservazione dell'energia ad un liquido che si muove in un condotto in prossimità del suolo e ricavarne le conseguenze (teorema di Bernoulli).
- Sviluppare le conseguenze della presenza di disomogeneità nel sangue (valore ematocrito e modifiche del regime laminare) sul regime di moto.
- Discutere i fenomeni che si manifestano alla superficie di un liquido sulla base delle forze di coesione fra molecole.
- Definire la tensione superficiale e saperne applicare le caratteristiche al settore biomedico, in particolare discutere gli effetti della presenza di una bolla d'aria nei vasi del sangue.
- Ricavare la formula di Laplace ed esprimere la formula di Laplace per membrane elastiche cilindriche.
- Saper ricavare il raggio di equilibrio dei vasi distensibili e discuterne le varie situazioni di equilibrio.
- Discutere gli effetti idrodinamici della pulsatilità del moto del sangue.
- Dimostrare di saper misurare la viscosità del sangue, la pressione arteriosa, la portata arteriosa.
- Essere in grado di descrivere i fenomeni della sedimentazione, della centrifugazione e dell'elettroforesi, in particolare discutendone le applicazioni in Medicina.
- Conoscere il significato di impedenza meccanica di un condotto distensibile.

#### (TERMOLOGIA e TERMODINAMICA)

- Spiegare il concetto di calore e le sue unità di energia.
- Conoscere le scale termometriche e le leggi dei gas perfetti con le relative condizioni di applicazione ai gas reali e alla miscela gassosa chiamata aria.
- Introdurre il significato di sistema termodinamico e di trasformazione termodinamica. Distinguere fra i vari tipi di trasformazioni termodinamiche.
- Discutere il primo principio della termodinamica e il significato di entalpia.
- Discutere il secondo principio della termodinamica e il significato di entropia. Essere in grado di applicarlo ai processi biochimici tramite la funzione di stato energia libera.
- Conoscere i meccanismi di trasporto del calore.

#### (BIOMECCANICA)

- Saper definire e valutare il momento di una forza.
- Conoscere le relazioni di equilibrio traslatorio e rotatorio ed applicarle

all'equilibrio dei tre tipi di leve esemplificate in varie articolazioni.

#### (FENOMENI ELETTRICI)

- Saper descrivere la legge di Coulomb, il campo elettrico, il potenziale elettrico.
- Saper ricavare il potenziale di dipolo elettrico e di strato dipolare, compreso la nozione di angolo solido.
- Conoscere la definizione di corrente elettrica, di densità di corrente elettrica, le leggi di Ohm e la loro applicazione a soluzioni elettrolitiche.
- Conoscere il processo di carica e scarica di un condensatore.
- Conoscere le correnti alternate e il concetto di impedenza elettrica.

#### (FISICA DELLE MEMBRANE)

- Essere in grado di impostare la descrizione delle membrane e dei flussi attraverso di esse.
- Descrivere il trasporto passivo gradiente di concentrazione, in particolare i fenomeni dell'agitazione termica, della diffusione libera e attraverso membrane (legge di Fick).
- Saper descrivere il meccanismo gradiente di pressione idraulica (filtrazione).
- Conoscere le caratteristiche diffusive dei gas nei sistemi biologici (legge di Henry) e svilupparne le conseguenze biologiche.
- Discutere l'osmosi e il meccanismo gradiente di pressione osmotica. Conoscere le leggi dell'osmosi e il concetto di potenziale chimico di una soluzione.
- Essere in grado di discutere i meccanismi di trasporto passivo di cui sopra in applicazioni biologiche (ad esempio nel caso della membrana capillare).
- Conoscere il potenziale elettrolitico e saper ricavare la formula di equilibrio di Nernst.
- Essere in grado di applicare l'equazione di Nernst per ricavare le caratteristiche della pressione oncologica, per discutere l'equilibrio di membrana (capillare e cellulare).
- Conoscere il ruolo della pompa Na-K e saperne valutare il lavoro.
- Saper descrivere il potenziale d'azione, il suo sviluppo e la sua propagazione in fibre amieliniche e mieliniche.
- Conoscere il legame tra la propagazione del potenziale d'azione e i segnali ECG, EEG ed EMG.

#### (FENOMENI ONDULATORI e RADIAZIONI IONIZZANTI)

- Conoscere le caratteristiche dei fenomeni ondulatori e della loro propagazione. Conoscere l'analisi armonica di un fenomeno periodico e le sue applicazioni in Medicina.
- Discutere i vari fenomeni di propagazione: riflessione, rifrazione, interferenza, polarizzazione, effetto Doppler.
- Saper descrivere le onde meccaniche (suono) e la loro ricezione. Saper definire la sensazione sonora e la sua unità di misura.
- Conoscere gli ultrasuoni e le loro applicazioni diagnostiche e terapeutiche.
- Saper descrivere le onde elettromagnetiche: il loro spettro e le applicazioni in Medicina dei vari tipi di onde elettromagnetiche.
- Dimostrare di conoscere le caratteristiche della radiazione X, della sua produzione (descrivere il tubo a raggi X) e del suo assorbimento nella

## Programma e contenuti

materia. Discutere la produzione di immagini radiografiche.

- Dimostrare di conoscere la struttura degli atomi e dei nuclei, in particolare in connessione con i decadimenti radioattivi e la relativa legge di decadimento.
- Conoscere i vari tipi di radiazioni ionizzanti.
- Dimostrare di possedere nozioni elementari di dosimetria delle radiazioni ionizzanti e di radioprotezione.

**MECCANICA dei FLUIDI nei SISTEMI BIOLOGICI:** Equilibrio nei fluidi. Il circuito idrodinamico del sangue: portata, velocità del sangue ed equazione di continuità. Fluidi non viscosi: il teorema di Bernoulli. Fluidi viscosi: moto laminare e moto turbolento. Misura della viscosità. Moti non stazionari. Forze di coesione e tensione superficiale. Tensione elastica di una membrana e legge di Laplace. Applicazioni del teorema di Bernoulli, misure di flusso. Viscosità del sangue: composizione, comportamento viscoso normale e anomalie della viscosità del sangue. Resistenza dei vasi e variazione di pressione nel sistema circolatorio: resistenza dei vasi, resistenza e regimi di moto, effetto della pressione idrostatica. Lavoro e potenza cardiaca: la pompa cardiaca, il ciclo cardiaco, calcolo del lavoro e della potenza cardiaca. Misura della pressione del sangue. Applicazioni della tensione superficiale: fenomeni di capillarità, embolia gassosa. La formula di equilibrio di Laplace e raggio di equilibrio dei vasi. Effetti idrodinamici della distensibilità dei vasi: considerazioni generali, moto pulsante ed impedenza meccanica. Trasporto in regime viscoso: sedimentazione, elettroforesi e centrifugazione.

**ELEMENTI di BIOMECCANICA:** Equilibrio e leve applicati alle articolazioni nel corpo umano.

**TERMODINAMICA nei SISTEMI BIOLOGICI:** I sistemi termodinamici in biologia. Leggi dei gas perfetti e dei gas reali applicate alla biologia. Funzioni di stato e potenziali termodinamici nelle reazioni biochimiche. Meccanismi di trasmissione del calore: convezione, conduzione, irraggiamento. L'evaporazione e lo scambio di calore in controflusso.

**MECCANISMI di TRASPORTO nei SISTEMI BIOLOGICI:** Le membrane nei sistemi biologici. La diffusione libera e attraverso membrane biologiche. La filtrazione attraverso membrane biologiche. Equilibri gas-liquido nei sistemi biologici (trasporto dell'ossigeno). Fenomeni osmotici nei sistemi biologici. La microcircolazione. Fenomeni elettrici nei sistemi biologici: aspetti generali, flussi elettrochimici. Potenziali ed equilibri elettrochimici. Equilibrio di Donnan-Gibbs. La pressione oncologica. Potenziale di riposo della membrana cellulare e meccanismi di trasporto passivo. Meccanismi di trasporto attivo (pompa Na-K). Lavoro di membrana. Attività bioelettriche nei sistemi biologici. Il potenziale d'azione. Proprietà di cavo dell'assone. Propagazione del potenziale d'azione. Il caso delle fibre mieliniche. Traccianti ECG, EMG, EEG.

**FENOMENI ONDULATORI nei SISTEMI BIOLOGICI:** Cenni sul meccanismo dell'udito. La visione: l'occhio come sistema ottico e cenni sul meccanismo della visione.

**STRUMENTAZIONE MEDICA:** Misure di portata e di pressione nel sistema circolatorio. Analisi di Fourier e sue applicazioni. Flussimetria Doppler. Cenni tecnici su ECG ed EEG. Il microscopio: semplice, composto, cenni sul potere separatore e la profondità di campo del microscopio. Microscopi ottici speciali (cenni). Il polarimetro e il potere rotatorio. Spettrofotometria. Cenni sulle microonde, la radiazione infrarossa, i raggi ultravioletti. I raggi X e la loro produzione: il tubo a raggi X e spettro di emissione dei raggi X. I raggi X in diagnostica medica: assorbimento dei raggi X nei sistemi biologici, l'immagine radiologica. Rivelatori di radiazioni ionizzanti (cenni). Effetti delle radiazioni nella materia inerte e nella materia biologica: le radiazioni X e gamma, le radiazioni corpuscolari. Dosimetria e relative unità di misura.

**ESPERIENZE di LABORATORIO:** Le esperienze di Laboratorio svolte nel corso di Fisica Medica sono:

TARATURA del MICROSCOPIO, MISURE di FLUSSIMETRIA DOPPLER, MISURE di PRESSIONE, VISCOSIMETRIA,

BILANCIA di MOHR; queste esperienze fanno parte del programma d'esame e nel corso dell'esame dovrà essere presentata una relazione per ciascuna esperienza.

#### Metodi didattici

Lezioni frontali, laboratori in gruppi di circa 20 studenti, attività di tutorato in gruppi di circa 25 studenti.

#### Testi di riferimento

Testo consigliato: D. Scannicchio, FISICA BIOMEDICA, EDISES.

#### Modalità verifica apprendimento

Di norma l'esame consiste in una prova scritta suddivisa in quattro parti:  
20 domande del tipo V/F su argomenti fondamentali semplici  
4 argomenti-tema da svolgere (circa 1-2 facciate per argomento)  
60 domande del tipo V/F sul programma d'esame 4 problemi.  
La prova ha una durata di 3 ore.  
Lo studente viene convocato successivamente per conoscere e visionare l'esito della prova scritta che di norma costituisce il risultato finale dell'esame.

#### Altre informazioni

Di norma l'esame consiste in una prova scritta suddivisa in quattro parti:  
20 domande del tipo V/F su argomenti fondamentali semplici  
4 argomenti-tema da svolgere (circa 1-2 facciate per argomento)  
60 domande del tipo V/F sul programma d'esame 4 problemi.  
La prova ha una durata di 3 ore.  
Lo studente viene convocato successivamente per conoscere e visionare l'esito della prova scritta che di norma costituisce il risultato finale dell'esame.

#### L'insegnamento è suddiviso

506416 - FISICA MEDICA (COGNOMI A-L)

506416 - **FISICA MEDICA (COGNOMI M-Z)**



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2022/2023

## FISICA MEDICA (COGNOMI A-L)

<b>Anno immatricolazione</b>	2022/2023
<b>Anno offerta</b>	2022/2023
<b>Normativa</b>	DM270
<b>SSD</b>	FIS/07 (FISICA APPLICATA (A BENI CULTURALI, AMBIENTALI, BIOLOGIA E MEDICINA))
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI MEDICINA INTERNA E TERAPIA MEDICA
<b>Corso di studio</b>	MEDICINA E CHIRURGIA
<b>Curriculum</b>	PERCORSO COMUNE
<b>Anno di corso</b>	1°
<b>Periodo didattico</b>	Primo Semestre (26/09/2022 - 13/01/2023)
<b>Crediti</b>	5
<b>Ore</b>	40 ore di attività frontale
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO
<b>Tipo esame</b>	SCRITTO
<b>Docente</b>	BAIOCCO GIORGIO - 5 CFU
<b>Prerequisiti</b>	Nella trattazione degli argomenti descritti nel seguito si fa riferimento ad alcune nozioni di base della Fisica quali elementi di Meccanica, di Termologia e Termodinamica, di Eletticità e la descrizione dei fenomeni ondulatori.
<b>Obiettivi formativi</b>	Finalità generali del corso di Fisica Medica: Il corso si propone di fornire gli strumenti per un'adeguata comprensione dei fenomeni di fisica applicata alle scienze della vita (come la Medicina), nonché di molti aspetti di altre discipline di base (come la Chimica, la Fisiologia umana, le Tecnologie biomediche e così via). Vengono altresì approfonditi i temi energetici, la meccanica dei fluidi e i meccanismi di trasporto nei sistemi biologici, comprendendo l'insorgere e la propagazione dei fenomeni bioelettrici, e infine le basi fisiche delle più importanti metodiche di analisi di laboratorio e di diagnostica per uso clinico (come ad esempio la produzione di

immagini).

Lo studente alla fine del corso dovrà dimostrare di essere in grado di:

- Distinguere fra grandezze scalari e grandezze vettoriali e per ciascuna grandezza fisica indicare e definire l'unità di misura nel Sistema Internazionale e nei sistemi pratici (in particolare quelli usati in Medicina).
- Applicare le leggi fisiche e le relazioni fra grandezze fisiche per la soluzione di problemi numerici nel campo biomedico.

#### (MECCANICA DEI FLUIDI e FENOMENI DI SUPERFICIE)

- Esprimere le caratteristiche proprie dei fluidi, definire le grandezze fisiche presenti in un fluido (come la pressione e la portata) con le relative diverse unità di misura e i loro fattori di conversione.
- Enunciare i principi di Pascal, Stevino e Archimede e applicare la nozione di pressione idrostatica a soggetti in posizione eretta.
- Fornire la descrizione del moto di un fluido in regime laminare e in regime turbolento in particolare individuandone le caratteristiche e la presenza nel sistema circolatorio.
- Saper applicare l'equazione di continuità nel caso di moto stazionario al sistema circolatorio.
- Applicare il principio di conservazione dell'energia ad un liquido che si muove in un condotto in prossimità del suolo e ricavarne le conseguenze (teorema di Bernoulli).
- Sviluppare le conseguenze della presenza di disomogeneità nel sangue (valore ematocrito e modifiche del regime laminare) sul regime di moto.
- Discutere i fenomeni che si manifestano alla superficie di un liquido sulla base delle forze di coesione fra molecole.
- Definire la tensione superficiale e saperne applicare le caratteristiche al settore biomedico, in particolare discutere gli effetti della presenza di una bolla d'aria nei vasi del sangue.
- Ricavare la formula di Laplace ed esprimere la formula di Laplace per membrane elastiche cilindriche.
- Saper ricavare il raggio di equilibrio dei vasi distensibili e discuterne le varie situazioni di equilibrio.
- Discutere gli effetti idrodinamici della pulsatilità del moto del sangue.
- Dimostrare di saper misurare la viscosità del sangue, la pressione arteriosa, la portata arteriosa.
- Essere in grado di descrivere i fenomeni della sedimentazione, della centrifugazione e dell'elettroforesi, in particolare discutendone le applicazioni in Medicina.
- Conoscere il significato di impedenza meccanica di un condotto distensibile.

#### (TERMOLOGIA e TERMODINAMICA)

- Spiegare il concetto di calore e le sue unità di energia.
- Conoscere le scale termometriche e le leggi dei gas perfetti con le relative condizioni di applicazione ai gas reali e alla miscela gassosa chiamata aria.
- Introdurre il significato di sistema termodinamico e di trasformazione termodinamica. Distinguere fra i vari tipi di trasformazioni termodinamiche.



- Discutere il primo principio della termodinamica e il significato di entalpia.
- Discutere il secondo principio della termodinamica e il significato di entropia. Essere in grado di applicarlo ai processi biochimici tramite la funzione di stato energia libera.
- Conoscere i meccanismi di trasporto del calore.

#### (BIOMECCANICA)

- Saper definire e valutare il momento di una forza.
- Conoscere le relazioni di equilibrio traslatorio e rotatorio ed applicarle all'equilibrio dei tre tipi di leve esemplificate in varie articolazioni.

#### (FENOMENI ELETTRICI)

- Saper descrivere la legge di Coulomb, il campo elettrico, il potenziale elettrico.
- Saper ricavare il potenziale di dipolo elettrico e di strato dipolare, compreso la nozione di angolo solido.
- Conoscere la definizione di corrente elettrica, di densità di corrente elettrica, le leggi di Ohm e la loro applicazione a soluzioni elettrolitiche.
- Conoscere il processo di carica e scarica di un condensatore.
- Conoscere le correnti alternate e il concetto di impedenza elettrica.

#### (FISICA DELLE MEMBRANE)

- Essere in grado di impostare la descrizione delle membrane e dei flussi attraverso di esse.
- Descrivere il trasporto passivo gradiente di concentrazione, in particolare i fenomeni dell'agitazione termica, della diffusione libera e attraverso membrane (legge di Fick).
- Saper descrivere il meccanismo gradiente di pressione idraulica (filtrazione).
- Conoscere le caratteristiche diffusive dei gas nei sistemi biologici (legge di Henry) e svilupparne le conseguenze biologiche.
- Discutere l'osmosi e il meccanismo gradiente di pressione osmotica. Conoscere le leggi dell'osmosi e il concetto di potenziale chimico di una soluzione.
- Essere in grado di discutere i meccanismi di trasporto passivo di cui sopra in applicazioni biologiche (ad esempio nel caso della membrana capillare).
- Conoscere il potenziale elettrolitico e saper ricavare la formula di equilibrio di Nernst.
- Essere in grado di applicare l'equazione di Nernst per ricavare le caratteristiche della pressione oncologica, per discutere l'equilibrio di membrana (capillare e cellulare).
- Conoscere il ruolo della pompa Na-K e saperne valutare il lavoro.
- Saper descrivere il potenziale d'azione, il suo sviluppo e la sua propagazione in fibre amieliniche e mieliniche.
- Conoscere il legame tra la propagazione del potenziale d'azione e i segnali ECG, EEG ed EMG.

#### (FENOMENI ONDULATORI e RADIAZIONI IONIZZANTI)

- Conoscere le caratteristiche dei fenomeni ondulatori e della loro propagazione. Conoscere l'analisi armonica di un fenomeno periodico e le sue applicazioni in Medicina.

- Discutere i vari fenomeni di propagazione: riflessione, rifrazione, interferenza, polarizzazione, effetto Doppler.
- Saper descrivere le onde meccaniche (suono) e la loro ricezione. Saper definire la sensazione sonora e la sua unità di misura.
- Conoscere gli ultrasuoni e le loro applicazioni diagnostiche e terapeutiche.
- Saper descrivere le onde elettromagnetiche: il loro spettro e le applicazioni in Medicina dei vari tipi di onde elettromagnetiche.
- Dimostrare di conoscere le caratteristiche della radiazione X, della sua produzione (descrivere il tubo a raggi X) e del suo assorbimento nella materia. Discutere la produzione di immagini radiografiche.
- Dimostrare di conoscere la struttura degli atomi e dei nuclei, in particolare in connessione con i decadimenti radioattivi e la relativa legge di decadimento.
- Conoscere i vari tipi di radiazioni ionizzanti.
- Dimostrare di possedere nozioni elementari di dosimetria delle radiazioni ionizzanti e di radioprotezione.

#### Programma e contenuti

**MECCANICA dei FLUIDI nei SISTEMI BIOLOGICI:** Equilibrio nei fluidi. Il circuito idrodinamico del sangue: portata, velocità del sangue ed equazione di continuità. Fluidi non viscosi: il teorema di Bernoulli. Fluidi viscosi: moto laminare e moto turbolento. Misura della viscosità. Moti non stazionari. Forze di coesione e tensione superficiale. Tensione elastica di una membrana e legge di Laplace. Applicazioni del teorema di Bernoulli, misure di flusso. Viscosità del sangue: composizione, comportamento viscoso normale e anomalie della viscosità del sangue. Resistenza dei vasi e variazione di pressione nel sistema circolatorio: resistenza dei vasi, resistenza e regimi di moto, effetto della pressione idrostatica. Lavoro e potenza cardiaca: la pompa cardiaca, il ciclo cardiaco, calcolo del lavoro e della potenza cardiaca. Misura della pressione del sangue. Applicazioni della tensione superficiale: fenomeni di capillarità, embolia gassosa. La formula di equilibrio di Laplace e raggio di equilibrio dei vasi. Effetti idrodinamici della distensibilità dei vasi: considerazioni generali, moto pulsante ed impedenza meccanica. Trasporto in regime viscoso: sedimentazione, elettroforesi e centrifugazione.

**ELEMENTI di BIOMECCANICA:** Equilibrio e leve applicati alle articolazioni nel corpo umano.

**TERMODINAMICA nei SISTEMI BIOLOGICI:** I sistemi termodinamici in biologia. Leggi dei gas perfetti e dei gas reali applicate alla biologia. Funzioni di stato e potenziali termodinamici nelle reazioni biochimiche. Meccanismi di trasmissione del calore: convezione, conduzione, irraggiamento. L'evaporazione e lo scambio di calore in controflusso.

**MECCANISMI di TRASPORTO nei SISTEMI BIOLOGICI:** Le membrane nei sistemi biologici. La diffusione libera e attraverso membrane biologiche. La filtrazione attraverso membrane biologiche. Equilibri gas-liquido nei sistemi biologici (trasporto dell'ossigeno). Fenomeni osmotici nei sistemi biologici. La microcircolazione. Fenomeni elettrici nei sistemi biologici: aspetti generali, flussi elettrochimici. Potenziali ed equilibri elettrochimici. Equilibrio di Donnan-Gibbs. La pressione

oncotica. Potenziale di riposo della membrana cellulare e meccanismi di trasporto passivo. Meccanismi di trasporto attivo (pompa Na-K). Lavoro di membrana. Attività bioelettriche nei sistemi biologici. Il potenziale d'azione. Proprietà di cavo dell'assone. Propagazione del potenziale d'azione. Il caso delle fibre mieliniche. Tracciati ECG, EMG, EEG.

FENOMENI ONDULATORI nei SISTEMI BIOLOGICI: Cenni sul meccanismo dell'udito. La visione: l'occhio come sistema ottico e cenni sul meccanismo della visione.

STRUMENTAZIONE MEDICA: Misure di portata e di pressione nel sistema circolatorio. Analisi di Fourier e sue applicazioni. Flussimetria Doppler. Cenni tecnici su ECG ed EEG. Il microscopio: semplice, composto, cenni sul potere separatore e la profondità di campo del microscopio. Microscopi ottici speciali (cenni). Il polarimetro e il potere rotatorio. Spettrofotometria. Cenni sulle microonde, la radiazione infrarossa, i raggi ultravioletti. I raggi X e la loro produzione: il tubo a raggi X e spettro di emissione dei raggi X. I raggi X in diagnostica medica: assorbimento dei raggi X nei sistemi biologici, l'immagine radiologica. Rivelatori di radiazioni ionizzanti (cenni). Effetti delle radiazioni nella materia inerte e nella materia biologica: le radiazioni X e gamma, le radiazioni corpuscolari. Dosimetria e relative unità di misura.

ESPERIENZE di LABORATORIO: Le esperienze di Laboratorio svolte nel corso di Fisica Medica sono:

TARATURA del MICROSCOPIO, MISURE di FLUSSIMETRIA DOPPLER, MISURE di PRESSIONE, VISCOSIMETRIA, BILANCIA di MOHR;

queste esperienze fanno parte del programma d'esame e nel corso dell'esame dovrà essere presentata una relazione per ciascuna esperienza.

#### Metodi didattici

Lezioni frontali, laboratori virtuali, esercitazioni e attività di tutorato in gruppi di circa 50 studenti.

#### Testi di riferimento

Testo consigliato: D. Scannicchio, FISICA BIOMEDICA, EDISES.

#### Modalità verifica apprendimento

Di norma l'esame consiste in una prova scritta suddivisa in quattro parti: 20 domande del tipo V/F su argomenti fondamentali semplici 4 argomenti-tema da svolgere (circa 1-2 facciate per argomento) 60 domande del tipo V/F sul programma d'esame 4 problemi. La prova ha una durata di 3 ore. Lo studente viene convocato successivamente per conoscere e visionare l'esito della prova scritta che di norma costituisce il risultato finale dell'esame.

#### Altre informazioni

#### Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile

[\\$Ibl legenda sviluppo sostenibile](#)



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2022/2023

## FISICA MEDICA (COGNOMI M-Z)

Anno immatricolazione	2022/2023
Anno offerta	2022/2023
Normativa	DM270
SSD	FIS/07 (FISICA APPLICATA (A BENI CULTURALI, AMBIENTALI, BIOLOGIA E MEDICINA))
Dipartimento	DIPARTIMENTO DI MEDICINA INTERNA E TERAPIA MEDICA
Corso di studio	MEDICINA E CHIRURGIA
Curriculum	PERCORSO COMUNE
Anno di corso	1°
Periodo didattico	Primo Semestre (26/09/2022 - 13/01/2023)
Crediti	5
Ore	40 ore di attività frontale
Lingua insegnamento	ITALIANO
Tipo esame	SCRITTO
Docente	BALLARINI FRANCESCA - 5 CFU
Prerequisiti	Nella trattazione degli argomenti descritti nel seguito si fa riferimento ad alcune nozioni di base della Fisica quali elementi di Meccanica, di Termologia e Termodinamica, di Eletticità e la descrizione dei fenomeni ondulatori.
Obiettivi formativi	FINALITA' GENERALI DEL CORSO: Il corso si propone di fornire gli strumenti per un'adeguata comprensione dei fenomeni di fisica applicata alle scienze della vita (come la Medicina), nonché di molti aspetti di altre discipline di base (come la Chimica, la Fisiologia umana, le Tecnologie biomediche e così via). Vengono altresì approfonditi i temi energetici, la meccanica dei fluidi e i meccanismi di trasporto nei sistemi biologici, comprendendo l'insorgere e la propagazione dei fenomeni bioelettrici, e infine le basi fisiche delle più importanti metodiche di analisi di laboratorio e di diagnostica per uso clinico (come ad esempio la produzione di

immagini).

Lo studente alla fine del corso dovrà dimostrare di essere in grado di:

- Distinguere fra grandezze scalari e grandezze vettoriali, e per ciascuna grandezza fisica indicare e definire l'unità di misura nel Sistema Internazionale e nei sistemi pratici (in particolare quelli usati in Medicina).

- Applicare le leggi fisiche e le relazioni fra grandezze fisiche per la soluzione di problemi numerici nel campo biomedico.

(MECCANICA DEI FLUIDI e FENOMENI DI SUPERFICIE)

- Esprimere le caratteristiche proprie dei fluidi, definire le grandezze fisiche presenti in un fluido (come la pressione e la portata) con le relative diverse unità di misura e i loro fattori di conversione.

- Enunciare i principi di Pascal, Stevino e Archimede e applicare la nozione di pressione idrostatica a soggetti in posizione eretta.

- Fornire la descrizione del moto di un fluido in regime laminare e in regime turbolento in particolare individuandone le caratteristiche e la presenza nel sistema circolatorio.

- Saper applicare l'equazione di continuità nel caso di moto stazionario al sistema circolatorio.

- Applicare il principio di conservazione dell'energia ad un liquido che si muove in un condotto in prossimità del suolo e ricavarne le conseguenze (teorema di Bernoulli).

- Sviluppare le conseguenze della presenza di disomogeneità nel sangue (valore ematocrito e modifiche del regime laminare) sul regime di moto.

- Discutere i fenomeni che si manifestano alla superficie di un liquido sulla base delle forze di coesione fra molecole.

- Definire la tensione superficiale e saperne applicare le caratteristiche al settore biomedico, in particolare discutere gli effetti della presenza di una bolla d'aria nei vasi del sangue.

- Ricavare la formula di Laplace ed esprimere la formula di Laplace per membrane elastiche cilindriche.

- Saper ricavare il raggio di equilibrio dei vasi distensibili e discuterne le varie situazioni di equilibrio.

- Discutere gli effetti idrodinamici della pulsatilità del moto del sangue.

- Dimostrare di saper misurare la viscosità del sangue, la pressione arteriosa, la portata arteriosa.

- Essere in grado di descrivere i fenomeni della sedimentazione, della centrifugazione e dell'elettroforesi, in particolare discutendone le applicazioni in Medicina.

- Conoscere il significato di impedenza meccanica di un condotto distensibile.

(TERMOLOGIA e TERMODINAMICA)

- Spiegare il concetto di calore e le sue unità di energia.

- Conoscere le scale termometriche e le leggi dei gas perfetti con le relative condizioni di applicazione ai gas reali e alla miscela gassosa chiamata aria.

- Introdurre il significato di sistema termodinamico e di trasformazione termodinamica. Distinguere fra i vari tipi di trasformazioni termodinamiche.

- Discutere il primo principio della termodinamica e il significato di entalpia.

- Discutere il secondo principio della termodinamica e il significato di entropia. Essere in grado di applicarlo ai processi biochimici tramite la funzione di stato energia libera.
- Conoscere i meccanismi di trasporto del calore.

#### (BIOMECCANICA)

- Saper definire e valutare il momento di una forza.
- Conoscere le relazioni di equilibrio traslatorio e rotatorio ed applicarle all'equilibrio dei tre tipi di leve esemplificate in varie articolazioni.

#### (FENOMENI ELETTRICI)

- Saper descrivere la legge di Coulomb, il campo elettrico, il potenziale elettrico.
- Saper ricavare il potenziale di dipolo elettrico e di strato dipolare, compreso la nozione di angolo solido.
- Conoscere la definizione di corrente elettrica, di densità di corrente elettrica, le leggi di Ohm e la loro applicazione a soluzioni elettrolitiche.
- Conoscere il processo di carica e scarica di un condensatore.
- Conoscere le correnti alternate e il concetto di impedenza elettrica.

#### (FISICA DELLE MEMBRANE)

- Essere in grado di impostare la descrizione delle membrane e dei flussi attraverso di esse.
- Descrivere il trasporto passivo gradiente di concentrazione, in particolare i fenomeni dell'agitazione termica, della diffusione libera e attraverso membrane (legge di Fick).
- Saper descrivere il meccanismo gradiente di pressione idraulica (filtrazione).
- Conoscere le caratteristiche diffusive dei gas nei sistemi biologici (legge di Henry) e svilupparne le conseguenze biologiche.
- Discutere l'osmosi e il meccanismo gradiente di pressione osmotica. Conoscere le leggi dell'osmosi e il concetto di potenziale chimico di una soluzione.
- Essere in grado di discutere i meccanismi di trasporto passivo di cui sopra in applicazioni biologiche (ad esempio nel caso della membrana capillare).
- Conoscere il potenziale elettrolitico e saper ricavare la formula di equilibrio di Nernst.
- Essere in grado di applicare l'equazione di Nernst per ricavare le caratteristiche della pressione oncologica, per discutere l'equilibrio di membrana (capillare e cellulare).
- Conoscere il ruolo della pompa Na-K e saperne valutare il lavoro.
- Saper descrivere il potenziale d'azione, il suo sviluppo e la sua propagazione in fibre amieliniche e mieliniche.
- Conoscere il legame tra la propagazione del potenziale d'azione e i segnali ECG, EEG ed EMG.

#### (FENOMENI ONDULATORI e RADIAZIONI IONIZZANTI)

- Conoscere le caratteristiche dei fenomeni ondulatori e della loro propagazione. Conoscere l'analisi armonica di un fenomeno periodico e le sue applicazioni in Medicina.
- Discutere i vari fenomeni di propagazione: riflessione, rifrazione, interferenza, polarizzazione, effetto Doppler.

- Saper descrivere le onde meccaniche (suono) e la loro ricezione. Saper definire la sensazione sonora e la sua unità di misura.
- Conoscere gli ultrasuoni e le loro applicazioni diagnostiche e terapeutiche.
- Saper descrivere le onde elettromagnetiche: il loro spettro e le applicazioni in Medicina dei vari tipi di onde elettromagnetiche.
- Dimostrare di conoscere le caratteristiche della radiazione X, della sua produzione (descrivere il tubo a raggi X) e del suo assorbimento nella materia. Discutere la produzione di immagini radiografiche.
- Dimostrare di conoscere la struttura degli atomi e dei nuclei, in particolare in connessione con i decadimenti radioattivi e la relativa legge di decadimento.
- Conoscere i vari tipi di radiazioni ionizzanti.
- Dimostrare di possedere nozioni elementari di dosimetria delle radiazioni ionizzanti e di radioprotezione.

#### Programma e contenuti

**MECCANICA dei FLUIDI nei SISTEMI BIOLOGICI:** Equilibrio nei fluidi. Il circuito idrodinamico del sangue: portata, velocità del sangue ed equazione di continuità. Fluidi non viscosi: il teorema di Bernoulli. Fluidi viscosi: moto laminare e moto turbolento. Misura della viscosità. Moti non stazionari. Forze di coesione e tensione superficiale. Tensione elastica di una membrana e legge di Laplace. Applicazioni del teorema di Bernoulli, misure di flusso. Viscosità del sangue: composizione, comportamento viscoso normale e anomalie della viscosità del sangue. Resistenza dei vasi e variazione di pressione nel sistema circolatorio: resistenza dei vasi, resistenza e regimi di moto, effetto della pressione idrostatica. Lavoro e potenza cardiaca: la pompa cardiaca, il ciclo cardiaco, calcolo del lavoro e della potenza cardiaca. Misura della pressione del sangue. Applicazioni della tensione superficiale: fenomeni di capillarità, embolia gassosa. La formula di equilibrio di Laplace e raggio di equilibrio dei vasi. Effetti idrodinamici della distensibilità dei vasi: considerazioni generali, moto pulsante ed impedenza meccanica. Trasporto in regime viscoso: sedimentazione, elettroforesi e centrifugazione.

**ELEMENTI di BIOMECCANICA:** Equilibrio e leve applicati alle articolazioni nel corpo umano.

**TERMODINAMICA nei SISTEMI BIOLOGICI:** I sistemi termodinamici in biologia. Leggi dei gas perfetti e dei gas reali applicate alla biologia. Funzioni di stato e potenziali termodinamici nelle reazioni biochimiche. Meccanismi di trasmissione del calore: convezione, conduzione, irraggiamento. L'evaporazione e lo scambio di calore in controflusso.

**MECCANISMI di TRASPORTO nei SISTEMI BIOLOGICI:** Le membrane nei sistemi biologici. La diffusione libera e attraverso membrane biologiche. La filtrazione attraverso membrane biologiche. Equilibri gas-liquido nei sistemi biologici (trasporto dell'ossigeno). Fenomeni osmotici nei sistemi biologici. La microcircolazione. Fenomeni elettrici nei sistemi biologici: aspetti generali, flussi elettrochimici. Potenziali ed equilibri elettrochimici. Equilibrio di Donnan-Gibbs. La pressione oncologica. Potenziale di riposo della membrana cellulare e meccanismi di trasporto passivo. Meccanismi di trasporto attivo (pompa Na-K). Lavoro

di membrana. Attività bioelettriche nei sistemi biologici. Il potenziale d'azione. Proprietà di cavo dell'assone. Propagazione del potenziale d'azione. Il caso delle fibre mieliniche. Tracciati ECG, EMG, EEG.

FENOMENI ONDULATORI nei SISTEMI BIOLOGICI: Cenni sul meccanismo dell'udito. La visione: l'occhio come sistema ottico e cenni sul meccanismo della visione.

STRUMENTAZIONE MEDICA: Misure di portata e di pressione nel sistema circolatorio. Analisi di Fourier e sue applicazioni. Flussimetria Doppler. Cenni tecnici su ECG ed EEG. Il microscopio: semplice, composto, cenni sul potere separatore e la profondità di campo del microscopio. Microscopi ottici speciali (cenni). Il polarimetro e il potere rotatorio. Spettrofotometria. Cenni sulle microonde, la radiazione infrarossa, i raggi ultravioletti. I raggi X e la loro produzione: il tubo a raggi X e spettro di emissione dei raggi X. I raggi X in diagnostica medica: assorbimento dei raggi X nei sistemi biologici, l'immagine radiologica. Rivelatori di radiazioni ionizzanti (cenni). Effetti delle radiazioni nella materia inerte e nella materia biologica: le radiazioni X e gamma, le radiazioni corpuscolari. Dosimetria e relative unità di misura.

ESPERIENZE di LABORATORIO: Le esperienze di Laboratorio svolte nel corso di Fisica Medica sono:

TARATURA del MICROSCOPIO, MISURE di FLUSSIMETRIA DOPPLER, MISURE di PRESSIONE, VISCOSIMETRIA,

BILANCIA di MOHR; queste esperienze fanno parte del programma d'esame e nel corso dell'esame dovrà essere presentata una relazione per ciascuna esperienza.

#### Metodi didattici

Il corso si tiene principalmente mediante lezioni frontali in cui il docente espone i temi di cui sopra, anche facendo uso di esempi e discutendo i dubbi degli studenti. Inoltre si effettueranno una serie di esperienze in laboratorio, laboratorio, in cui gli studenti saranno suddivisi in gruppi di circa 20, nonché attività di tutorato in gruppi di circa 25 studenti.

#### Testi di riferimento

Testo consigliato: D. Scannicchio, FISICA BIOMEDICA, EDISES.

#### Modalità verifica apprendimento

Di norma l'esame consiste in una prova scritta suddivisa in quattro parti: 20 domande del tipo V/F su argomenti fondamentali semplici 4 argomenti-tema da svolgere (circa 1-2 facciate per argomento) 60 domande del tipo V/F sul programma d'esame 4 problemi. La prova ha una durata di 3 ore. Lo studente viene convocato successivamente per conoscere e visionare l'esito della prova scritta che di norma costituisce il risultato finale dell'esame.

#### Altre informazioni

Di norma l'esame consiste in una prova scritta suddivisa in quattro parti: 20 domande del tipo V/F su argomenti fondamentali semplici 4 argomenti-tema da svolgere (circa 1-2 facciate per argomento) 60 domande del tipo V/F sul programma d'esame 4 problemi. La prova ha una durata di 3 ore.



**Obiettivi Agenda 2030 per lo  
sviluppo sostenibile**

Lo studente viene convocato successivamente per conoscere e visionare l'esito della prova scritta che di norma costituisce il risultato finale dell'esame.

[\\$lbl legenda sviluppo sostenibile](#)