



## FLUIDODINAMICA BIOMEDICA APPLICATA

<b>Anno immatricolazione</b>	2018/2019
<b>Anno offerta</b>	2018/2019
<b>Normativa</b>	DM270
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
<b>Corso di studio</b>	BIOINGEGNERIA
<b>Curriculum</b>	Tecnologie per la salute
<b>Anno di corso</b>	1°
<b>Periodo didattico</b>	Annualità Singola (01/10/2018 - 14/06/2019)
<b>Crediti</b>	12
<b>Lingua insegnamento</b>	Italiano
<b>Prerequisiti</b>	Analisi matematica: concetti di: funzione (anche a più variabili), limite, derivata, integrale. Fisica: misura delle grandezze fisiche e unità di misura, principi ed equazioni fondamentali della meccanica, principio di conservazione dell'energia. Fisica matematica: grandezze scalari e vettoriali, elementi fondamentali del calcolo vettoriale, geometria delle masse.
<b>Obiettivi formativi</b>	<p>Al termine del Corso lo studente deve conoscere e capire:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- i principi di base che regolano il moto dei liquidi nelle condotte.</li><li>- il sistema circolatorio e la sua fisiologia;</li><li>- i principi di funzionamento delle biomacchine comunemente usate nella pratica clinica per l'emodialisi e la circolazione extra-corporea;</li><li>- i principi di modellazione del sistema circolatorio sia monodimensionale che tridimensionale, con cenni su strumenti computazionale;</li><li>- il funzionamento delle protesi delle valvole cardiache.</li></ul> <p>Deve inoltre saper applicare questi principi all'impostazione e alla soluzione di semplici problemi di ingegneria idraulica e biomedica.</p>
<b>Programma e contenuti</b>	<p>MODULO DI FONDAMENTI DI IDRAULICA</p> <p>Introduzione</p> <p>Grandezze meccaniche e unità di misura. Stati di aggregazione della materia. I fluidi come sistemi continui. Sforzi interni nei sistemi continui.</p>

Alcune proprietà dei liquidi

Densità e peso specifico. Dilatabilità e comprimibilità. Viscosità.  
Tensione di vapore.

Idrostatica

Relazione fra gravità e pressione. La pressione atmosferica: pressioni assolute e relative. Le unità di misura della pressione usate nella pratica tecnica. Piano dei carichi idrostatici e diagrammi delle pressioni. Misura delle pressioni. Spinta idrostatica su pareti piane e su pareti curve.

Fondamenti di cinematica dei liquidi

Descrizione euleriana del moto dei liquidi. Entità cinematiche (traiettorie, linee di corrente, tubi di flusso, filetto fluido, flusso attraverso una superficie). Moti accelerati, uniformi e ritardati. Le correnti. Portata e velocità media di una corrente in una sezione trasversale.

Idrodinamica: equazione di continuità e teorema di Bernoulli

I principi di conservazione. Applicazione dei principi di conservazione della massa e dell'energia ad un filetto fluido. Il teorema di Bernoulli. Distribuzione della pressione nelle sezioni trasversali delle correnti. Applicazione dei principi di conservazione della massa e dell'energia ad una corrente gradualmente variata.

Foronomia e misura della portata

Cenni di foronomia. Il tubo di Pitot. Il venturimetro.

Le perdite di carico nei liquidi reali

I diversi regimi di movimento delle correnti uniformi. La dissipazione energetica nel moto laminare. La dissipazione energetica nel moto turbolento. Effetto della scabrezza della parete sulla dissipazione energetica. L'Abaco di Moody. Calcolo idraulico delle condotte. Formule di resistenza cosiddette pratiche. Le perdite di carico localizzate nelle correnti in pressione.

Cenni agli impianti idroelettrici e di pompaggio

Scambi di energia fra macchine e correnti idrauliche. Schemi tipo degli impianti idroelettrici e di pompaggio. Verifica idraulica e dimensionamento di un impianto di pompaggio.

**MODULO DI BIOMACCHINE**

Richiami di anatomia del sistema vascolare;

Fisiologia e patologia del sistema circolatorio;

Reologia del sangue;

Principi delle onde arteriose;

Modellazione e simulazione del sistema circolatorio;

Modelli ridotti del sistema cardiovascolare;

Modelli 3D e strumenti computazionali: introduzione

Modelli 3D e strumenti computazionali: set-up analisi;

Creazioni di modelli vascolari da immagini mediche;

Modelli 3D e strumenti computazionali: applicazioni;

Circolazione extra-corporea (ECMO);

Macchine e circuiti per emodialisi;

Assistenza ventricolare;

Protesi valvolari biologiche e meccaniche.

**Metodi didattici**

Lesioni frontali ed esercitazioni pratiche

**Testi di riferimento**

Vedi testi consigliati per i singoli moduli

**Modalità verifica apprendimento**

La verifica dell'apprendimento consiste in due prove parziali. La prima, per il modulo di Fondamenti di idraulica, è una prova scritta che prevede in generale la soluzione di 2 esercizi, di cui il primo relativo al calcolo delle spinte idrostatiche su pareti piane o curve e il secondo relativo alla soluzione di un problema su foronomia e/o correnti in pressione (ad es: determinazione della portata e delle perdite di carico, verifica di un impianto idroelettrico o di pompaggio, ecc.). La durata di tale prova scritta è di 2 ore: durante la prova d'esame è consentito l'uso di manuali, tabelle, calcolatrici e appunti dello studente. La seconda prova, per il modulo di Biomacchine, è costituita da un colloquio orale inerente ai contenuti del corso e alla contemporanea discussione di un progetto incentrato sull'applicazione dei principi acquisiti. La valutazione di ciascuna prova è effettuata in trentesimi. La valutazione complessiva del corso integrato è costituita dalla media aritmetica dei voti conseguiti nelle due prove parziali.

**L'insegnamento è suddiviso**

503187 - **BIOMACCHINE**

502543 - **FONDAMENTI DI IDRAULICA**



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2018/2019

## BIOMACCHINE

<b>Anno immatricolazione</b>	2018/2019
<b>Anno offerta</b>	2018/2019
<b>Normativa</b>	DM270
<b>SSD</b>	ING-IND/34 (BIOINGEGNERIA INDUSTRIALE)
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
<b>Corso di studio</b>	BIOINGEGNERIA
<b>Curriculum</b>	Tecnologie per la salute
<b>Anno di corso</b>	1°
<b>Periodo didattico</b>	Secondo Semestre (06/03/2019 - 14/06/2019)
<b>Crediti</b>	6
<b>Ore</b>	54 ore di attività frontale
<b>Lingua insegnamento</b>	Italiano
<b>Tipo esame</b>	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
<b>Docente</b>	CONTI MICHELE - 6 CFU
<b>Prerequisiti</b>	Conoscenza dei principi di meccanica dei fluidi e delle equazioni differenziali alle derivate parziali.
<b>Obiettivi formativi</b>	Al termine del corso lo studente avrà acquisito: <ul style="list-style-type: none"><li>- una conoscenza di base del sistema circolatorio e della fisiologia;</li><li>- principi di funzionamento delle biomacchine comunemente usate nella pratica clinica per l'emodialisi e la circolazione extra-corporea;</li><li>- principi di modellazione del sistema circolatorio sia monodimensionale che tridimensionale, con cenni su strumenti computazionale;</li><li>- panoramica delle protesi delle valvole cardiache.</li></ul>
<b>Programma e contenuti</b>	Richiami fondamentali di idraulica;

	<p>Richiami di anatomia del sistema vascolare;  Fisiologia e patologia del sistema circolatorio;  Reologia del sangue;  Principi delle onde arteriose;  Modellazione e simulazione del sistema circolatorio;  Modelli ridotti del sistema cardiovascolare;  Modelli 3D e strumenti computazionali: introduzione  Modelli 3D e strumenti computazionali: set-up analisi;  Creazioni di modelli vascolari da immagini mediche;  Modelli 3D e strumenti computazionali: applicazioni;  Circolazione extra-corporea (ECMO);  Macchine e circuiti per emodialisi;  Assistenza ventricolare;  Protesi valvolari biologiche e meccaniche.</p>
<b>Metodi didattici</b>	lezioni frontali anche con l'ausilio di dispositivi multimediali; esercitazioni pratiche e/o numeriche in aula attrezzata con computer
<b>Testi di riferimento</b>	<p>Appunti distribuiti durante il corso e resi disponibili sulla piattaforma Kiro.  Lecture suggerite:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Nichols W, O'Rourke M, Vlachopoulos C, editors. McDonald's blood flow in arteries: theoretical, experimental and clinical principles. CRC press; 2011 Jul 29.</li> <li>- Caro CG. The mechanics of the circulation. Cambridge University Press; 2012.</li> <li>- Kundu, P.K., Cohen, I.M.. Fluid Mechanics. Elsevier. In particolare il capitolo "Introduction to Biofluid Mechanics".</li> <li>- Miller, G.E.. Artificial Organs. Morgan &amp; Claypool.</li> </ul>
<b>Modalità verifica apprendimento</b>	L'esame sarà superato dopo l'esito positivo di un colloquio orale inerente ai contenuti del corso e alla contemporanea discussione di un progetto incentrato sull'applicazione dei principi acquisiti.
<b>Altre informazioni</b>	
<b>Obiettivi Agenda 2030 per lo sviluppo sostenibile</b>	<a href="#">\$Ibl legenda sviluppo sostenibile</a>



# UNIVERSITÀ DI PAVIA

Anno Accademico 2018/2019

## FONDAMENTI DI IDRAULICA

<b>Anno immatricolazione</b>	2018/2019
<b>Anno offerta</b>	2018/2019
<b>Normativa</b>	DM270
<b>SSD</b>	ICAR/01 (IDRAULICA)
<b>Dipartimento</b>	DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA INDUSTRIALE E DELL'INFORMAZIONE
<b>Corso di studio</b>	BIOINGEGNERIA
<b>Curriculum</b>	Tecnologie per la salute
<b>Anno di corso</b>	1°
<b>Periodo didattico</b>	Primo Semestre (01/10/2018 - 18/01/2019)
<b>Crediti</b>	6
<b>Ore</b>	52 ore di attività frontale
<b>Lingua insegnamento</b>	ITALIANO
<b>Tipo esame</b>	SCRITTO E ORALE CONGIUNTI
<b>Docente</b>	FENOCCHI ANDREA - 1 CFU SIBILLA STEFANO - 5 CFU
<b>Prerequisiti</b>	Analisi matematica: concetti di: funzione (anche a più variabili), limite, derivata, integrale. Fisica: misura delle grandezze fisiche e unità di misura, principi ed equazioni fondamentali della meccanica, principio di conservazione dell'energia. Fisica matematica: grandezze scalari e vettoriali, elementi fondamentali del calcolo vettoriale, geometria delle masse.
<b>Obiettivi formativi</b>	Al termine del Corso lo studente deve conoscere e capire i principi di base che regolano il moto dei liquidi nelle condotte e nei canali a superficie libera. Deve inoltre saper applicare questi principi all'impostazione e alla soluzione di semplici problemi di ingegneria idraulica applicata nel campo delle correnti in pressione per quanto riguarda: spinte esercitate dai liquidi sulle pareti dei recipienti che li contengono, determinazione della portata e delle resistenze al moto dei

liquidi entro condotte, scambi di energia fra macchine e correnti idrauliche, problemi di dimensionamento e di verifica di condotte semplici e di impianti di pompaggio.

#### Programma e contenuti

##### Introduzione

Grandezze meccaniche e unità di misura. Stati di aggregazione della materia. I fluidi come sistemi continui. Sforzi interni nei sistemi continui.

##### Alcune proprietà dei liquidi

Densità e peso specifico. Dilatabilità e comprimibilità. Viscosità. Tensione di vapore.

##### Idrostatica

Relazione fra gravità e pressione. La pressione atmosferica: pressioni assolute e relative. Le unità di misura della pressione usate nella pratica tecnica. Piano dei carichi idrostatici e diagrammi delle pressioni. Misura delle pressioni. Spinta idrostatica su pareti piane e su pareti curve.

##### Fondamenti di cinematica dei liquidi

Descrizione euleriana del moto dei liquidi. Entità cinematiche (traiettorie, linee di corrente, tubi di flusso, filetto fluido, flusso attraverso una superficie). Moti accelerati, uniformi e ritardati. Le correnti. Portata e velocità media di una corrente in una sezione trasversale.

##### Idrodinamica: equazione di continuità e teorema di Bernoulli

I principi di conservazione. Applicazione dei principi di conservazione della massa e dell'energia ad un filetto fluido. Il teorema di Bernoulli. Distribuzione della pressione nelle sezioni trasversali delle correnti. Applicazione dei principi di conservazione della massa e dell'energia ad una corrente gradualmente variata.

##### Foronomia e misura della portata

Cenni di foronomia. Il tubo di Pitot. Il venturimetro.

##### Le perdite di carico nei liquidi reali

I diversi regimi di movimento delle correnti uniformi. La dissipazione energetica nel moto laminare. La dissipazione energetica nel moto turbolento. Effetto della scabrezza della parete sulla dissipazione energetica. L'Abaco di Moody. Calcolo idraulico delle condotte. Formule di resistenza cosiddette pratiche. Le perdite di carico localizzate nelle correnti in pressione.

##### Cenni agli impianti idroelettrici e di pompaggio

Scambi di energia fra macchine e correnti idrauliche. Schemi tipo degli impianti idroelettrici e di pompaggio. Verifica idraulica e dimensionamento di un impianto di pompaggio.

#### Metodi didattici

Lezioni (ore/anno in aula): 34

Esercitazioni (ore/anno in aula): 18

Attività pratiche (ore/anno in aula): 0

#### Testi di riferimento

Gallati M., Sibilla S. . Fondamenti di Idraulica. Carocci editore, Roma.

Citrini D., Nosedà D.. Idraulica. Tamburini, Milano.

**Modalità verifica  
apprendimento**

La verifica dell'apprendimento si svolgerà in forma scritta e prevederà in generale la soluzione di 2 esercizi, di cui il primo relativo al calcolo delle spinte idrostatiche su pareti piane o curve e il secondo relativo alla soluzione di un problema su foronomia e/o correnti in pressione (ad es: determinazione della portata e delle perdite di carico, verifica di un impianto idroelettrico o di pompaggio, ecc.).

La durata della prova è di 2 ore: durante la prova d'esame è consentito l'uso di manuali, tabelle, calcolatrici e appunti dello studente.

La valutazione della prova è effettuata in trentesimi.

**Altre informazioni**

**Obiettivi Agenda 2030 per lo  
sviluppo sostenibile**

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