



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ENNA "KORE"**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA, ARCHITETTURA E DELLE SCIENZE MOTORIE**  
**Insegnamento Idraulica 9 CFU**  
**per i Corsi di Laurea in Ingegneria Civile e Ambientale**  
**Anno Accademico 2011-2012**  
**Docente : Mauro De Marchis**

---

## Programma

### Nozioni introduttive

- 1.1 I fluidi come sistemi continui
- 1.2 L'elemento fluido
- 1.3 Approccio lagrangiano e approccio euleriano
- 1.4 Traiettorie e campi
- 1.5 Le equazioni del moto
- 1.6 Equazioni globali e equazioni locali
- 1.7 Simbologia
- 1.8 Derivazione rispetto allo spazio
- 1.9 Derivazione rispetto al tempo

### Cinematica dei fluidi ed equazioni di continuità

- 2.1 Effetti del moto su un elemento fluido
- 2.2 I cambiamenti di configurazione in un campo di moto
- 2.3 Velocità angolari e di deformazione nel caso tridimensionale
- 2.4 Significato cinematico di  $\text{div} \mathbf{u}$
- 2.5 Il tensore  $\text{grad} \mathbf{u}$  e la sua decomposizione
- 2.6 Traiettorie, linee di corrente, linee di fumo
- 2.7 Tubi di flusso e correnti
- 2.8 Portata di massa e portata di volume
- 2.9 L'equazione di continuità in forma indefinita
- 2.10 L'equazione di continuità per i tubi di flusso e le correnti

### Le equazioni del moto dei fluidi

- 3.1 La seconda legge di Newton
- 3.2 Il tensore degli sforzi
- 3.3 Il tensore degli sforzi per i fluidi incomprimibili newtoniani. La viscosità dinamica e cinematica
- 3.4 Equazioni indefinite dei liquidi viscosi newtoniani (di Navier-Stokes)
  - 3.4.1 Scritture semplificate delle equazioni di Navier-Stokes
- 3.5 Le diverse forme delle equazioni indefinite del moto
  - 3.5.1 Teorema di Bernoulli generalizzato
  - 3.5.2 Equazioni indefinite dei liquidi perfetti: equazione di Eulero e teorema di Bernoulli
  - 3.5.3 Equazione dell'idrostatica
  - 3.5.4 Equazioni del moto delle correnti lineari
  - 3.5.5 Equazioni differenziali della linea dell'energia e del profilo delle correnti a pelo libero in moto permanente
  - 3.5.6 Equazione differenziale delle correnti a pelo libero in moto vario (equazione di de Saint-Venant)
- 3.6 L'equazione globale dell'equilibrio dinamico

### Idrostatica

- 4.1 Pressioni e piano dei carichi idrostatici - Legge di Stevino
- 4.2 Serbatoi in pressione ed in depressione
- 4.3 Spinte su pareti piane
- 4.4 Spinte su superfici curve
  - 4.4.1 Il metodo dell'equazione globale
  - 4.4.2 Il metodo delle componenti
- 4.5. Strumenti di misura della pressione
  - 4.5.1 Il manometro semplice
  - 4.5.2 Il manometro differenziale



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ENNA "KORE"**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA, ARCHITETTURA E DELLE SCIENZE MOTORIE**  
**Insegnamento Idraulica 9 CFU**  
**per i Corsi di Laurea in Ingegneria Civile e Ambientale**  
**Anno Accademico 2011-2012**  
**Docente : Mauro De Marchis**

---

4.5.3 Il manometro a molla tubolare o tipo Bourdon

4.5.4 Cenni ai trasduttori elettrici di pressione

Applicazioni del teorema di Bernoulli

- 5.1. Efflusso da un serbatoio attraverso una luce a spigolo vivo
- 5.2. Efflusso da un serbatoio attraverso una condotta sboccante nell'atmosfera
- 5.3. Condotta fra due serbatoi a quota differente
- 5.4. Misura della velocità col tubo di Pitot
- 5.5. Misura della portata con il venturimetro o tubo di Venturi e con altri apparecchi deprimogeni
- 5.6. Misura della portata con misuratori elettromagnetici e ad ultrasuoni (cenni)

Moti laminari

- 6.1. Moto laminare uniforme nei tubi a sezione circolare
- 6.2. Moti piani
  - 6.2.1. Moto tra due piani paralleli e fissi
- 6.3. Riepilogo delle distribuzioni di velocità e delle leggi di resistenza nei moti laminari

Moti turbolenti

- 7.1 Generalità sulla turbolenza
- 7.2 L'approccio statistico allo studio della turbolenza
- 7.3. Le equazioni di Reynolds
- 7.4. Le correnti in regime turbolento
- 7.5. Cenni sui modelli di turbolenza

Moto uniforme turbolento nelle condotte in pressione a sezione circolare

- 8.1. Confronto dei diagrammi di velocità in moto laminare e turbolento
- 8.2 Influenza della parete sul regime di moto
- 8.3 Distribuzioni degli sforzi in regime turbolento
- 8.4 Considerazioni cinematiche sul termine  $\rho \mathbf{u} \nabla \mathbf{v}$
- 8.5 Le leggi di resistenza
- 8.6 Le leggi di resistenza in regime di tubo liscio
- 8.7 Il profilo di velocità logaritmico di Prandtl
- 8.8 Il profilo di velocità nello strato limite viscoso
- 8.9 Le leggi di resistenza in tubi artificialmente scabri.
- 8.10 Le leggi di resistenza nei tubi commerciali
- 8.11 La formula di Colebrook-White
- 8.12 Le formule per il moto di transizione
- 8.13 Le formule pratiche per il moto puramente turbolento
- 8.14 I problemi tecnici del moto uniforme
- 8.15 Riepilogo delle distribuzioni di velocità e delle leggi di resistenza nelle condotte in pressione

Corte condotte

- 9.1 Le perdite di carico localizzate
  - 9.1.1 Caratteri qualitativi delle perdite localizzate
  - 9.1.2 Formulazione matematica delle perdite localizzate
- 9.2 Generalizzazione dell'equazione del moto per una condotta semplice e per una condotta complessa
  - 9.2.1 Primo problema di verifica: assegnati i diametri, le lunghezze e le scabrezze dei diversi tratti di una condotta e le quote piezometriche dei nodi estremi, calcolare la portata.



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ENNA "KORE"**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA, ARCHITETTURA E DELLE SCIENZE MOTORIE**  
**Insegnamento Idraulica 9 CFU**  
**per i Corsi di Laurea in Ingegneria Civile e Ambientale**  
**Anno Accademico 2011-2012**  
**Docente : Mauro De Marchis**

---

- 9.2.2 Secondo problema di verifica: assegnati i diametri, le lunghezze e le scabrezze dei diversi tratti di una condotta e la portata defluente, calcolare la perdita di carico complessiva
- 9.2.3 Problema di progetto: assegnati la lunghezza, la scabrezza ed il dislivello tra i carichi totali dei nodi estremi di una condotta e la portata in essa defluente, calcolare i diametri dei vari tratti.

**9.3 Esercizi svolti**

- 9.3.1 Problema di laboratorio: calcolo della scabrezza assoluta di un materiale
- 9.3.2 Calcolo della portata mediante la formula di Colebrook-White
- 9.3.3 Problema di progetto: calcolo del diametro con la formula di Colebrook-White
- 9.3.4 Condotta complessa a tre rami
- 9.3.5 Condotta complessa a tre rami con valvola per la regolazione della portata
- 9.3.6 Verifica di una corta condotta con venturimetro
- 9.3.7 Calcolo della portata defluente in una condotta tra due serbatoi di quota nota

**Lunghe condotte**

**10.1 Definizione di lunghe condotte**

**10.2 Influenza del profilo sul funzionamento delle condotte**

- 10.2.1 Vincoli sulle pressioni relative negative
- 10.2.2 Vincoli sulle pressioni relative positive
- 10.2.3 Avviamento del moto in una condotta a gravità - necessità di innescare il moto

**10.3 Applicazioni specifiche delle lunghe condotte**

- 10.3.1 Erogazioni o immissioni concentrate ai nodi
- 10.3.2 Erogazione distribuita lungo il percorso
- 10.3.3 Condotta formata da rami in parallelo
- 10.3.4 Il problema dei tre serbatoi

**10.4 Esercizi svolti**

- 10.4.1 Progetto di una lunga condotta fra due serbatoi
- 10.4.2 Verifica a tubi nuovi della lunga condotta fra due serbatoi considerata nell'esercizio 10.4.1
- 10.4.3 Progetto e verifica di una lunga condotta fra due serbatoi, con diametro unico
- 10.4.4 Verifica di una lunga condotta con spillamento
- 10.4.5 Verifica di una lunga condotta con un ramo in servizio misto

**Impianti di sollevamento**

**11.1. Potenza di una corrente**

**11.2. Principi di funzionamento delle pompe centrifughe**

- 11.2.1 Diagrammi caratteristici di una pompa centrifuga

**11.3. Principi di funzionamento del sistema condotta - pompa centrifuga**

- 11.3.1 Variazione della curva caratteristica della condotta
- 11.3.2 Variazione della curva caratteristica della pompa
- 11.3.3 Cenni sui fenomeni di moto vario negli impianti di sollevamento
- 11.3.4 Fenomeno di colpo d'ariete

**11.4. Funzionamento di più pompe disposte in serie e in parallelo**

- 11.4.1 Pompe centrifughe in parallelo

**11.5. Cenni sul funzionamento degli impianti idroelettrici**

- 11.5.1 Turbine ad azione e turbine a reazione

**11.6. Esercizi**

- 11.6.1- Schema elementare d'impianto di sollevamento: calcolo della potenza della pompa
- 11.6.2- Schema elementare d'impianto di sollevamento: portata massima sollevabile
- 11.6.3- Schema elementare d'impianto idroelettrico di produzione di energia

**Moto permanente negli alvei a fondo fisso**



**UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI ENNA "KORE"**  
**FACOLTÀ DI INGEGNERIA, ARCHITETTURA E DELLE SCIENZE MOTORIE**  
**Insegnamento Idraulica 9 CFU**  
**per i Corsi di Laurea in Ingegneria Civile e Ambientale**  
**Anno Accademico 2011-2012**  
**Docente : Mauro De Marchis**

---

- 12.1- Generalità
- 12.2. Relazione tra il tirante idrico, la portata e l'energia della corrente in una sezione
- 12.3. Equazioni della linea dell'energia e del profilo di corrente
- 12.4. Moto uniforme
- 12.5. Alvei a debole pendenza e a forte pendenza. La pendenza critica
- 12.6. Propagazione delle piccole perturbazioni di livello nelle correnti lente e in quelle veloci
- 12.7. Andamento qualitativo dei possibili profili di corrente e delle corrispondenti linee dell'energia
- 12.8. Tracciamento dei profili di corrente e delle corrispondenti linee dell'energia
- 12.9. Distribuzione delle velocità e degli sforzi tangenziali e leggi di resistenza nel moto uniforme delle correnti a superficie libera
- 12.9.1- Applicazione numerica
- 12.10. Riepilogo delle formule del moto uniforme negli alvei cilindrici a fondo fisso

#### Moto delle correnti filtranti

- 13.1- Generalità
- 13.2. Le falde acquifere
- 13.3. La legge di Darcy e permeabilità
- 13.4. La legge di Darcy in forma vettoriale. Linee di corrente e superfici isopieziche
- 13.5. Misure della permeabilità in laboratorio su campioni di terreno

#### Applicazioni ed esercitazioni numeriche

Le applicazioni numeriche e le esercitazioni verranno svolte in aula informatica.

- 1) Diagrammi delle pressioni e calcolo delle spinte idrostatiche su superfici piane e curve. Misura delle pressioni mediante manometri metallici, semplici e differenziali, ecc.
- 2) Applicazioni del teorema di Bernoulli: efflusso da un serbatoio attraverso luci a battente, efflusso da un serbatoio attraverso una condotta sboccante nell'atmosfera, collegamento di due serbatoi a quota diversa con una condotta, tubo di Pitot, venturimetro per condotte.
- 3) Le condotte a gravità. Applicazione delle formule del moto uniforme nei problemi di verifica, di progetto, di laboratorio. Le perdite di carico localizzate. La equazione e la curva caratteristica di una condotta a gravità con perdite continue e perdite localizzate, e l'andamento delle linee piezometrica e dei carichi totali. Modifiche della curva caratteristica con l'invecchiamento della condotta o per effetto di aperture o chiusure di valvole. Regolazione della portata e della pressione di una condotta durante l'esercizio. Le lunghe condotte con servizio di estremità, o con servizio misto o con alimentazione dai due estremi. Le lunghe condotte con tratti in depressione. Andamento relativo tra la piezometrica e l'asse della condotta.
- 4) Le condotte elevatorie. Curve caratteristiche di una pompa centrifuga: portata - prevalenza, rendimento, potenza assorbita. Determinazione del punto di funzionamento di un impianto di sollevamento e sua regolazione. Caratteristiche di pompe in serie e pompe in parallelo. Dimensionamento di una condotta elevatoria.
- 5) Tracciamento dei profili di corrente in alvei a forte e/o debole pendenza.

#### TESTO ADOTTATO

Giuseppe Curto, Enrico Napoli : **Idraulica**, Volume primo, Editoriale Bios, 2004

#### TESTI CONSIGLIATI

Duilio Citrini, Giorgio Nosedà – **Idraulica** – Casa Editrice Ambrosiana, 1975

Enrico Marchi, Antonello Rubatta – **Meccanica dei fluidi** – Casa Editrice UTET, 1981