



Scuola di Ingegneria  
Corso di Laurea Triennale interclasse in  
Ingegneria Civile, Ambientale e Edile  
(Classe L7 Ingegneria Civile e Ambientale, Classe L23 Ingegneria Edile)  
A.A. 2016-2017

Programma dell'insegnamento di  
**FISICA TECNICA AMBIENTALE**  
(2° anno, 2° periodo, Classe L7=6 CFU, Classe L23=9CFU)

Docente: Francesco LECCESE (e-mail: f.leccese@ing.unipi.it)  
Numero complessivo di ore previste per lo sviluppo di nuovi argomenti (L): 45 (60)  
Numero complessivo di ore previste per esercitazioni ed esemplificazioni (E): 15 (30)  
TOTALE ORE: 60 (90)

---

#### OBIETTIVI FORMATIVI

L'insegnamento si propone di fornire nozioni di base sui seguenti argomenti: termodinamica e termofluodinamica, aria umida, benessere termoigrometrico negli ambienti, dimensionamento igrometrico dei componenti edilizi, climatizzazione degli ambienti, trasmissione del calore, isolamento termico degli edifici, illuminazione naturale e artificiale degli ambienti, illuminazione di esterni, acustica delle sale, isolamento acustico degli edifici, rumore ambientale. Gli argomenti trattati sono integrati con esercizi ed applicazioni pratiche. Sono previste attività di laboratorio progettuale per circa 30 ore in cui vengono approfonditi i temi del dimensionamento termo-igrometrico dell'involucro edilizio.

#### **ENERGY ANALYSIS AND LABELLING OF BUILDINGS**

#### EDUCATIONAL OBJECTIVES

The aim of the course is providing the students with basic elements on the following matters: thermodynamics and thermofluidodynamics, moist air, indoor hygro-thermal comfort, moisture behavior of building components, cooling of buildings, heat transfer, thermal insulation of buildings, daylighting and artificial lighting, outdoor lighting, room acoustics, sound insulation in buildings, environmental noise. The basic elements are integrated with exercises and applications. The laboratory activities are planned, for about 30 hours, with the scope to evaluate the hygro-thermal behavior of building envelope.

---

#### CONOSCENZE DI BASE

Analisi Matematica I, Fisica Generale

---

#### ARGOMENTI TRATTATI A LEZIONE

##### MACROARGOMENTO 1 – **Termodinamica e termofluodinamica** (L=9/12)

Richiami sui principi della termodinamica. Le funzioni di stato. Equazioni di bilancio per un sistema aperto a più bocche. Diagrammi di stato per fluidi bifase. Termofluodinamica. Moto dei fluidi per differenze di temperatura. La ventilazione naturale degli ambienti.

##### MACROARGOMENTO 2 – **Aria umida e climatizzazione degli ambienti** (L=9/12)

La miscela aria-vapore. Entalpia dell'aria umida. Diagrammi psicrometrici. Principali trasformazioni della miscela aria-vapore: a titolo costante, miscelamento, deumidificazione, umidificazione. Le condizioni ambientali per il benessere termoigrometrico. La climatizzazione degli ambienti. I trattamenti dell'aria nel condizionamento estivo ed invernale.

##### MACROARGOMENTO 3 – **Trasmissione del calore** (L=15/21)

I meccanismi di scambio termico: conduzione, convezione e irraggiamento. La conduzione: postulato di Fourier ed equazione di Fourier. Semplici problemi in simmetria piana ed applicazioni pratiche. Trasmissione del vapore attraverso le pareti e fenomeni di condensa. Trasmissione del calore attraverso pareti opache e trasparenti irraggiate dal sole. Transitori termici ed analisi a parametri concentrati. Fondamenti di convezione. Il coefficiente di scambio termico convettivo. Scambiatori di calore. L'irraggiamento termico. Grandezze fondamentali. Leggi sull'irraggiamento termico. Problema sulla potenza termica scambiata per irraggiamento tra due superfici.



Scuola di Ingegneria  
Corso di Laurea Triennale interclasse in  
Ingegneria Civile, Ambientale e Edile  
(Classe L7 Ingegneria Civile e Ambientale, Classe L23 Ingegneria Edile)  
A.A. 2016-2017

**MACROARGOMENTO 4 – Illuminazione degli ambienti (L=6/9)**

Grandezze fotometriche e unità di misura. Caratteristiche delle sorgenti luminose. Calcolo degli illuminamenti: sorgenti puntiformi ed estese. Comfort visivo negli ambienti e illuminazione artificiale di interni. Illuminazione dovuta alla luce diurna e dimensionamento del finestrato. Cenni di illuminazione di esterni e inquinamento luminoso.

**MACROARGOMENTO 5 – Acustica degli ambienti (L=6/9)**

Onde elastiche in un fluido. Livelli in decibel. Acustica geometrica. Psicoacustica: caratteristiche della sensazione uditiva, scala dei fon e audiogramma normale. Potere fonoisolante delle pareti. Isolamento acustico degli edifici. Comfort acustico negli ambienti e requisiti acustici delle sale. Cenni di rumore ambientale e inquinamento acustico.

---

**ATTIVITA' SVOLTE NELLE ESERCITAZIONI (E=15/30)**

Unità di misura. Semplici problemi di termodinamica. Caratteristiche termiche dei materiali edili. I materiali isolanti. La trasmissione del calore attraverso le strutture edilizie opache e vetrate. Comportamento termico dinamico delle pareti opache. Prestazioni energetiche di facciate e coperture ventilate. Problemi sull'irraggiamento termico. Sistemi solari termici e fotovoltaici. Sistemi solari passivi. Misura in opera della resistenza termica delle pareti: il termoflussimetro. Misura dell'umidità relativa: lo psicrometro. La condensa superficiale ed interstiziale nelle pareti opache d'involucro, la normativa. Il condizionamento di una sala: caso estivo e caso invernale. Principali tipi di lampade e di apparecchi di illuminazione. Progetto dell'illuminazione artificiale e naturale di un ambiente, la normativa. Misura in opera dell'illuminamento: il luxmetro. Calcolo del potere fonoisolante di strutture edilizie, la normativa. Progetto della correzione acustica di una sala. Misura in opera dei livelli sonori: il fonometro. Il quadro normativo fisico-tecnico.

Testi di riferimento:

- Cengel Y.A., *Termodinamica e trasmissione del calore*. McGraw-Hill (Milano).
- Moran M.J., Shapiro H.N., Munson B.R., DeWitt D.P., *Elementi di fisica tecnica per l'ingegneria*. McGraw-Hill (Milano).
- Bellia L., Mazzei P., Minichiello F., Palma D., *Aria umida – Climatizzazione ed involucro edilizio*. Liguori (Napoli).
- Cirillo E., *Acustica Applicata*. McGraw-Hill (Milano).
- Appunti messi a disposizione dal Docente.

Testi di consultazione:

- Cengel Y.A., Boles M.A., *Thermodynamics – An engineering approach*. McGraw Hill (New York).
- Cavallini A., Mattarolo L., *Termodinamica applicata*. CLEUP (Padova).
- Alfano G., Filippi M., Sacchi E., *Impianti di climatizzazione per l'edilizia*. Masson (Milano).
- Briganti A., *Il condizionamento dell'aria*. Tecniche Nuove (Milano).
- Cengel Y.A., *Heat Transfer – A practical approach*. McGraw-Hill (New York).
- Kreith F., *Principi di trasmissione del calore*. Liguori (Napoli).
- Bonacina C., Cavallini A., Mattarolo L., *Trasmissione del calore*. CLEUP (Padova).
- Forcolini G., *Lighting*. Hoepli (Milano).
- Aghemo C., Lo Verso V., *Guida alla progettazione dell'illuminazione naturale*. AIDI (Milano).
- Spagnolo R. (a cura di), *Manuale di Acustica*. CittàStudi (Bologna).
- Hamayon L., *L'acustica nell'edificio*. Sistemi Editoriali (Napoli).

Modalità di iscrizione e di svolgimento degli esami:

Iscrizione on-line sul portale dell'Università di Pisa (<https://esami.unipi.it/esami/>)

Prova orale, con (eventuale) discussione degli elaborati di calcolo svolti durante le attività di esercitazione.