

<b>FACOLTÀ</b>	Ingegneria
<b>ANNO ACCADEMICO</b>	2013-2014
<b>CORSO DI LAUREA</b>	Ingegneria dell'Energia
<b>INSEGNAMENTO</b>	Impianti Nucleari
<b>TIPO DI ATTIVITÀ</b>	Affine
<b>AMBITO DISCIPLINARE</b>	L-9
<b>CODICE INSEGNAMENTO</b>	03877
<b>ARTICOLAZIONE IN MODULI</b>	No
<b>NUMERO MODULI</b>	
<b>SETTORI SCIENTIFICO DISCIPLINARI</b>	ING-IND/19
<b>DOCENTE RESPONSABILE</b>	Pietro Alessandro Di Maio Ricercatore Università degli Studi di Palermo
<b>CFU</b>	6
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLO STUDIO PERSONALE</b>	95
<b>NUMERO DI ORE RISERVATE ALLE ATTIVITÀ DIDATTICHE ASSISTITE</b>	55 (40 di lezioni frontali e 15 di esercitazioni)
<b>PROPEDEUTICITÀ</b>	Calcolo, Fisica, Metodi Matematici, Principi di Ingegneria Nucleare
<b>ANNO DI CORSO</b>	III
<b>SEDE DI SVOLGIMENTO DELLE LEZIONI</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORGANIZZAZIONE DELLA DIDATTICA</b>	Lezioni frontali, Esercitazioni in aula
<b>MODALITÀ DI FREQUENZA</b>	Facoltativa
<b>METODI DI VALUTAZIONE</b>	Prova Orale
<b>TIPO DI VALUTAZIONE</b>	Voto in trentesimi
<b>PERIODO DELLE LEZIONI</b>	Secondo semestre
<b>CALENDARIO DELLE ATTIVITÀ DIDATTICHE</b>	Consultare il sito <a href="http://www.ingegneria.unipa.it">www.ingegneria.unipa.it</a>
<b>ORARIO DI RICEVIMENTO DEGLI STUDENTI</b>	Lunedì – mercoledì – venerdì 10 ÷ 11

### **RISULTATI DI APPRENDIMENTO ATTESI**

#### **Conoscenza e capacità di comprensione**

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di conoscenza e di comprensione sui seguenti argomenti:

- Principio di funzionamento di un reattore a fissione nucleare
- Reattori nucleari di I e II Generazione: principali filiere e relativi schemi di impianto
- Reattori nucleari di I e II Generazione: ingegneria dei principali componenti di impianto
- Reattori nucleari di III e IV Generazione: principali filiere, relativi schemi di impianto e aspetti di maggiore sicurezza intrinseca e passiva
- Principio di funzionamento di un reattore a fusione nucleare
- Problematiche tecnologiche connesse allo sfruttamento su scala industriale della reazione di fusione nucleare e principali schemi di reattori attualmente in corso di sviluppo e progettazione

#### **Capacità di applicare conoscenza e comprensione**

Lo studente maturerà la capacità di analizzare e valutare le prestazioni delle principali tipologie di reattori nucleari, sia installati che in corso di sviluppo, nonché di effettuare:

- Analisi e dimensionamento di massima del core di un reattore a fissione refrigerato e moderato ad acqua leggera, con particolare riguardo agli elementi di combustibile ed alle loro prestazioni termomeccaniche e termofluidodinamiche
- Analisi e dimensionamento di massima di contenitori in pressione e generatori di vapore per impianti nucleari ad acqua leggera
- Analisi degli aspetti di sicurezza intrinseca e/o passiva di un impianto nucleare di III e IV Generazione
- Analisi delle potenzialità e dei limiti tecnologici di un impianto a fusione nucleare
- Valutazione dell'inventario di Trizio da impiegare in un impianto a fusione di data potenza

### **Autonomia di giudizio**

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato la capacità di valutare autonomamente le prestazioni di un impianto nucleare a fissione con particolare riferimento a quelle termofluidodinamiche e meccaniche, giudicando il margine di sicurezza ad esse connesso. Avrà inoltre maturato autonomia di giudizio in relazione a:

- Comprensione di rapporti tecnici e progettuali pertinenti ad impianti ad alta intensità energetica
- Progettazione di massima di contenitori in pressione, generatori di vapore ed elementi di combustibile di impianti nucleari a fissione ad acqua leggera

### **Abilità comunicative**

Lo studente, al termine del corso, avrà maturato un opportuno livello di dimestichezza con il linguaggio tecnico-scientifico impiegato nell'ambito dell'ingegneria degli impianti ad alta intensità energetica con specifico riferimento a quelli nucleari a fissione ed a fusione, riuscendo ad interagire con professionisti e/o ricercatori del settore

### **Capacità d'apprendimento**

Lo studente svilupperà la capacità di apprendere le problematiche scientifico-tecnologiche che caratterizzano lo sviluppo e la progettazione dei più rilevanti componenti di reattori nucleari a fissione ed a fusione nonché di approfondire autonomamente aspetti specifici non esplicitamente trattati nel corso (quali, ad esempio, quelli legati alle problematiche del ciclo del combustibile nucleare ed alle procedure di disattivazione di un impianto nucleare).

## **OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO**

Il modulo mira ad approfondire le tematiche connesse alla progettazione ed allo sviluppo degli impianti nucleari volti alla produzione di energia elettrica su scala industriale.

L'attenzione sarà focalizzata sul principio di funzionamento di un tipico impianto nucleare a fissione e sulla individuazione dei suoi componenti chiave e delle relative funzioni. Si procederà alla classificazione di tali impianti in generazioni, concentrando l'attenzione sugli impianti di I e II generazione. Si continuerà classificando quest'ultimi in reattori termici, epidermici e veloci coerentemente con lo spettro energetico dei neutroni di fissione e, in relazione ai primi, si considereranno le principali filiere di reattori, classificandole in relazione alla tipologia ed allo stato del moderatore previsto. Particolare attenzione sarà rivolta alle filiere dei reattori ad acqua leggera, sia in pressione che bollente, ad acqua pesante ed a grafite. Si analizzeranno i reattori veloci ed i relativi schemi di impianto, introducendo i concetti di conversione e breeding. Successivamente l'attenzione sarà volta allo studio delle principali problematiche ingegneristiche e segnatamente nucleari, termomeccaniche e termoidrauliche che insorgono nello sviluppo e nella progettazione degli elementi di combustibile di un reattore a fissione refrigerato ad acqua leggera, al fine di sviluppare la capacità di analisi e dimensionamento di massima del core di un reattore a fissione refrigerato e moderato ad acqua leggera, con particolare riguardo agli elementi di combustibile di cui si compone.

<b>MODULO I</b>	<b>IMPIANTI NUCLEARI PROVATI</b>
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
1	Principio di funzionamento di un reattore a fissione
2	Classificazione dei reattori nucleari a fissione: Reattori nucleari di I, II, III e IV Generazione
7	Reattori a fissione moderati ad acqua: Principali filiere e relativi schemi di impianto – Nocciolo - Elementi di combustibile – Vessel – Pressurizzatore – Generatore di vapore – Pompe di circolazione ed alimentazione
2	Reattori a fissione moderati a grafite: Principali filiere e relativi schemi di impianto
2	Reattori a fissione veloci: Principali filiere e relativi schemi di impianto – Conversione e breeding
7	Ingegneria dell’Elemento di Combustibile di un reattore refrigerato ad acqua leggera
	<b>ESERCITAZIONI</b>
1	Reattori a fissione moderati ad acqua: Principali filiere e relativi schemi di impianto – Nocciolo - Elementi di combustibile – Vessel – Pressurizzatore – Generatore di vapore – Pompe di circolazione ed alimentazione
1	Reattori a fissione moderati a grafite: Principali filiere e relativi schemi di impianto
1	Reattori a fissione veloci: Principali filiere e relativi schemi di impianto – Conversione e breeding
5	Ingegneria dell’Elemento di Combustibile di un reattore refrigerato ad acqua leggera
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Cumo, Impianti Nucleari, UTET, 1996</li> <li>• C. Lombardi, Impianti Nucleari, CUSL, 2004</li> <li>• Dispense su alcuni degli argomenti del corso</li> </ul>

<p><b>OBIETTIVI FORMATIVI DEL MODULO</b></p> <p>Il modulo mira ad approfondire le tematiche connesse allo sviluppo degli impianti elettronucleari sia a fissione, di nuova generazione, sia a fusione.</p> <p>L’attenzione sarà focalizzata sugli impianti elettronucleari a fissione di III e IV generazione, soffermandosi sulle loro caratteristiche di sicurezza intrinseca e passiva ispirate alla linea progettuale di difesa in profondità. In particolare, si analizzeranno gli schemi funzionali e la struttura dei reattori AP600, MARS, PIUS ed EPR. Si considereranno inoltre gli schemi funzionali allo studio per i reattori promossi dal Generation IV international forum.</p> <p>Successivamente l’attenzione sarà volta agli impianti nucleari a fusione, illustrandone il principio di funzionamento e fornendo nozioni essenziali di fisica del plasma propedeutiche allo studio delle funzioni e del comportamento dei principali componenti di un reattore a fusione nucleare. Si introdurrà il concetto di plasma quale quarto stato di aggregazione della materia e se ne definiranno le principali grandezze fisico-matematiche che ne consentono la caratterizzazione del comportamento, giungendo allo sviluppo di un modello di plasma omogeneo ed uniforme, che verrà applicato al caso di un plasma D-T. Si introdurranno i concetti di break-even ed ignizione e se ne deriveranno i pertinenti criteri di Lawson. Si fornirà una panoramica delle principali problematiche ingegneristiche connesse allo sviluppo di reattori a fusione nucleare quali JET, ITER e DEMO, analizzandone i principali componenti e le pertinenti funzioni e condizioni di</p>
---

sollecitazione.

<b>MODULO II</b>	<b>IMPIANTI NUCLEARI INNOVATIVI ED A FUSIONE</b>
<b>ORE FRONTALI</b>	<b>LEZIONI FRONTALI</b>
1	Reattori nucleari di III e IV Generazione: Concetti di sicurezza intrinseca e passiva – Livelli di passività
2	Reattori innovativi della III generazione - Analisi degli impianti AP600, MARS, PIUS - Impianti ADS.
3	Reattori di IV generazione: schemi di impianto
4	Principio di funzionamento di un reattore a fusione nucleare - Cenni di fisica del plasma
4	Modello dinamico di un plasma omogeneo ed uniforme - Ignizione e break even – Criteri di Lawson
3	Metodi di confinamento – Macchina TOKAMAK e principali componenti: magneti, blanket, divertore e componenti ad alto flusso termico
2	Tritium breeding – Reattori JET, ITER e DEMO.
	<b>ESERCITAZIONI</b>
1	Reattori innovativi della III generazione - Analisi degli impianti AP600, MARS, PIUS - Impianti ADS.
2	Principio di funzionamento di un reattore a fusione nucleare - Cenni di fisica del plasma
2	Modello dinamico di un plasma omogeneo ed uniforme - Ignizione e break even – Criteri di Lawson
1	Metodi di confinamento – Macchina TOKAMAK e principali componenti: magneti, blanket, divertore e componenti ad alto flusso termico
1	Tritium breeding – Reattori JET, ITER e DEMO.
<b>TESTI CONSIGLIATI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• M. Cumo, Impianti Nucleari, UTET, 1996</li> <li>• C. Lombardi, Impianti Nucleari, CUSL, 2004</li> <li>• T. Dolan, Fusion Research – Vol. I Principles, Pergamon Press, 1982</li> <li>• Dispense su alcuni degli argomenti del corso</li> </ul>