

Allegato 2

PROPOSTA MASTER UNIVERSITARIO

A.A. 2026/2027

REGOLAMENTO DIDATTICO DEL MASTER DI II LIVELLO IN:

Radioprotezione - MARA

1. OBIETTIVI FORMATIVI E FINALITÀ DEL CORSO

Il Master Universitario di II livello in “Radioprotezione” è istituito presso l’Università degli Studi della Basilicata – Dipartimento di Ingegneria, ai sensi dell’art. 3, comma 9, del D.M. 270/2004, del Regolamento didattico di Ateneo e del Regolamento in materia di Master Universitari (D.R. n. 643/2024).

Il Master si configura come percorso di **alta formazione scientifica e professionale** nell’ambito della Radioprotezione valido per l’accesso all’esame per l’iscrizione nell’elenco nazionale degli Esperti di Radioprotezione tenuto dal Ministero del Lavoro (D.Lgs. 101/20 e 2013/59/Euratom).

2. PROFILI PROFESSIONALI E SBOCCHI OCCUPAZIONALI

Il Master forma professionisti capaci di valutare e proteggere dal rischio derivante dalle radiazioni ionizzanti in ambiente lavorativo e non, come richiesto dalla normativa sulla sicurezza e protezione sanitaria della popolazione e dei lavoratori. Il titolo del Master e i tirocini consentiranno l’accesso all’esame per l’iscrizione nell’elenco nazionale degli Esperti di Radioprotezione tenuto dal Ministero del Lavoro (D.Lgs. 101/20 e 2013/59/Euratom) con sbocchi in strutture pubbliche e private del settore sanitario, industriale e ambientale.

3. TITOLI DI STUDIO PER L’ACCESSO

Possono accedere i possessori di:

- Laurea VO, magistrale o specialistica in Fisica, Chimica, Chimica Industriale o Ingegneria.
In particolare:
- Lauree Magistrali: LM17 (Fisica)

- Classi di laurea Magistrale in Ingegneria (da LM20 a LM35)
- LM-53 (Scienza e ingegneria dei materiali)
- LM54 (Scienze Chimiche)
- LM71 (Scienze e tecnologie della Chimica Industriale).
- Laurea Specialistica conseguita in Italia equiparata ad una delle classi magistrali indicate, come da tabelle ministeriali (D.M. 509/99)

In aggiunta all'elenco sopra riportato sono ammessi tutti i titoli di studio idonei per la presentazione della domanda di ammissione all'esame per l'iscrizione all'elenco nominativo degli Esperti di Radioprotezione.

4. MODALITÀ DI AMMISSIONE

L'ammissione avviene mediante **selezione pubblica per titoli**, nel rispetto dei criteri di trasparenza previsti dall'art. 10 del Regolamento Unibas.

Punteggi per la valutazione dei titoli fino a un massimo di punti 100 così suddivisi:

1) Punteggio sulla base del voto di Laurea (fino ad un massimo di 60 punti) così suddivisi:

110 e LODE	punti 60
110	punti 55
tra 108 e 109	punti 50
tra 106 e 107	punti 45
tra 104 e 105	punti 40
tra 102 e 103	punti 35
tra 100 e 101	punti 30
tra 98 e 99	punti 25
tra 96 e 97	punti 20
tra 94 e 95	punti 15
tra 92 e 93	punti 10
tra 90 e 91	punti 5
minore di 90	punti 0

2) Pubblicazioni scientifiche attinenti ai temi del Master (fino ad un massimo di 20 punti), prendendo in considerazione:

- pubblicazioni su riviste (classificate ISI e/o Scopus): 4 punti per ciascuna;
- libri a diffusione internazionale: 3 punti per ciascuna;

- pubblicazioni su atti di congressi internazionali o capitoli di libri a diffusione internazionale: 2 punti per ciascuna;
- pubblicazioni su riviste nazionali: 2 punti per ciascuna
- libri a diffusione nazionale: 2 punti per ciascuna;
- abstract pubblicati su atti di convegni internazionali e pubblicazioni su atti di congressi nazionali o capitoli di libri a diffusione nazionale: 1 punto per ciascuna;

Verranno prese in considerazione solo pubblicazioni già pubblicate o con comunicazione di accettazione.

3) Esperienze lavorative degli ultimi 5 anni attinenti i temi del master, partecipazione a master, corsi di formazione, scuole di specializzazione attinenti i temi del master (fino ad un massimo di 20 punti). Non sono previsti punteggi in caso di iscrizione del candidato nell'elenco nazionale degli Esperti di Radioprotezione ai sensi del D.lgs. 101/2020.

Sono previsti posti riservati per i Partner.

5. SEDE E PERIODI DI SVOLGIMENTO DELLE ATTIVITÀ

La sede per le attività del Master è Potenza

La didattica, i tirocini e i seminari sono previsti nel periodo Novembre 2026 – luglio 2027.

Il rilascio del titolo è previsto per settembre 2027.

6. ELENCO DEI MODULI DIDATTICI E DELLE UNITÀ DIDATTICHE E DELLE ALTRE ATTIVITÀ FORMATIVE, COMPRESO IL TIROCINIO

[Art. 5, comma 8 - lett. e)]

Denominazione	SSD prevalente	CFU	Struttura CFU			Totale Ore
			Ore Didattica frontale	Ore altre attività formative	Ore Studio individuale	
Modulo 1: Principi di Fisica e biologia delle radiazioni ionizzanti		4	32		68	100
Ud1.1 Onde elettromagnetiche, interazione radiazione materia e rivelatori	PHYS-05/B	1	8		17	25
Ud1.2 Fisica Nucleare e Atomica	PHYS-05/B	1	8		17	25
Ud1.3 Basi di radioattività e radioprotezione	PHYS-03/A	1	8		17	25
Ud1.4 Fondamenti di Biologia e Radiobiologia	PHYS-03/A	1	8		17	25
Modulo 2: Principi di radioprotezione, Legislazione e Guide Tecniche		2,25	18		38,25	56,25
Ud2.1 Raccomandazioni e convenzioni internazionali, Legislazione nazionale e comunitaria	IIND-07/E	0,5	4		8,5	12,5
Ud2.2 Principi ICRP	IIND-07/E	0,5	4		8,5	12,5
Ud2.3 Organizzazione della radioprotezione	IIND-07/E	0,5	4		8,5	12,5
Ud2.4 Funzioni delle Autorità, Titoli autorizzativi, Apparato sanzionatorio, Responsabilità civile	IIND-07/E	0,75	6		12,75	18,75
Modulo 3: Dosimetria delle Radiazioni Ionizzanti		5	40		85	125
Ud3.1 Grandezze dosimetriche	PHYS-06/A	1	8		17	25
Ud3.2 Dosimetria esterna	PHYS-06/A	1	8		17	25
Ud3.3 Dosimetria interna	PHYS-06/A	0,5	4		8,5	12,5
Ud3.4 Controllo esposizione del personale e del pubblico in ambito sanitario e industriale	IIND-07/E	1	8		17	25
Ud3.5 Protezione della popolazione	IIND-07/E	1	8		17	25
Ud3.6 Pratiche ed interventi	IIND-07/E	0,5	4		8,5	12,5

Modulo 4: Radioattività ambientale (sorgenti naturali, Radon, NORM)		3,5	28		59,5	87,5
Ud4.1 Sorgenti naturali e NORM. NORM in ambito lavorativo	IIND-07/E	0,5	4		8,5	12,5
Ud4.2 Il Radon	IIND-07/E	2	16		34	50
Ud4.3 Pratiche ed interventi, Nuove costruzioni, interventi di risanamento	IIND-07/E	1	8		17	25
Modulo 5: Sorgenti di radiazioni ionizzanti		4	32		68	100
Ud5.1 Apparecchiature radiologiche I	IIND-07/E	1	8		17	25
Ud5.2 Apparecchiature radiologiche II	IIND-07/E	1	8		17	25
Ud5.3 Sorgenti radioattive	IIND-07/E	1	8		17	25
Ud5.4 Attrezzature sanitarie per terapia e diagnostica	IIND-07/E	1	8		17	25
Modulo 6: Radioprotezione dei neutroni e degli acceleratori di elettroni e di adroni		3,5	28		59,5	87,5
Ud6.1 Radioprotezione dei neutroni e degli acceleratori di adroni	IIND-07/E	3	24		51	75
Ud6.2 Radioprotezione degli acceleratori di elettroni a scopo medico	IIND-07/E	0,5	4		8,5	12,5
Modulo 7: Principi di Ingegneria nucleare		8,5	68		144,5	212,5
Ud7.1 Fissione e fusione nucleare	IIND-07/C	1,5	12		25,5	37,5
Ud7.2 Ingegneria dei reattori nucleari a fissione e fusione	IIND-07/C	4,5	36		76,5	112,5
Ud7.3 Combustibile nucleare: fabbricazione e trattamento	IIND-07/E	1	8		17	25
Ud7.4 Radioprotezione nel campo dell'irradiazione neutronica e ingegneria delle barriere	IIND-07/C	1	8		17	25
Ud7.5 Impianti nucleari del ciclo del combustibile e della gestione dei rifiuti radioattivi	IIND-07/E	0,5	4		8,5	12,5
Modulo 8: I Rifiuti Radioattivi		2,75	22		46,75	68,75
Ud8.1 Produzione dei rifiuti	IIND-07/E	0,75	6		12,75	18,75

radioattivi						
Ud8.2 Trattamento dei rifiuti radioattivi	IIND-07/E	1	8		17	25
Ud8.3 Trasporto dei rifiuti radioattivi	IIND-07/E	0,5	4		8,5	12,5
Ud8.4 Gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi	IIND-07/E	0,5	4		8,5	12,5
Modulo 9: Le emergenze radiologiche e nucleari		2,5	20		42,5	62,5
Ud9.1 Norme operative	IIND-07/E	1	8		17	25
Ud9.2 Procedure, decontaminazione, contenimento	IIND-07/E	1	8		17	25
Ud9.3 Piani di intervento di emergenza delle Prefetture e Titolo XIV del D.Lgs 101/20	IIND-07/E	0,5	4		8,5	12,5
TOTALE CFU- ORE DIDATTICA FRONTALE E DI STUDIO		36	288		612	900
Tirocinio/Stage/Visite		21		525		525
Prova finale		3			75	75
TOTALE		60	288	525	687	1500

7. PRINCIPALI CONTENUTI DEI MODULI DIDATTICI E DELLE UNITÀ DIDATTICHE

[Art. 5, comma 8- lett. e)]

7. PRINCIPALI CONTENUTI DEI MODULI DIDATTICI E DELLE UNITÀ DIDATTICHE	
[Art. 5, comma 8- lett. e)]	
Denominazione	Contenuti
Modulo 1: Principi di Fisica e biologia delle radiazioni ionizzanti 4 CFU – 32 ore di didattica frontale	
Ud1.1 Onde elettromagnetiche, interazione radiazione materia e rivelatori 1 CFU – 8 ore di didattica frontale	Conoscenze fondamentali su Onde elettromagnetiche e basi dell'interazione radiazione materia. Concetti fondamentali di rilevazione e misure di flusso delle particelle
Ud1.2 Fisica Nucleare e Atomica 1 CFU – 8 ore di didattica frontale	Conoscenze fondamentali di: Fisica atomica e nucleare ; particelle ionizzanti e proprietà della radiazione elettromagnetica ionizzante, interazione dei fotoni e

	delle particelle elementari cariche con la materia; rilevazione e misure di flusso delle particelle elementari cariche, cenni sulla radiazione neutronica; rilevatori di neutroni.
Ud1.3 Basi di radioattività e radioprotezione i 1 CFU – 8 ore di didattica frontale	Conoscenze fondamentali di radioattività: cenni di struttura della materia e decadimenti radioattivi. Principi fondamentali delle norme di radioprotezione.
Ud1.4 Fondamenti di Biologia e Radiobiologia 1 CFU – 8 ore di didattica frontale	Basi di biologia e biochimica. Conoscenze fondamentali sugli effetti biologici delle radiazioni ionizzanti su molecole, cellule e organismi. Basi di radiobiologia. Epidemiologia, ipotesi lineare degli effetti stocastici, effetti deterministici
Modulo 2: Principi di radioprotezione, Legislazione e Guide Tecniche 2,25 CFU- 18 ore di didattica frontale	
Ud2.1 Raccomandazioni e convenzioni internazionali, Legislazione nazionale e comunitaria 0,5 CFU – 4 ore di didattica frontale	Principi di radioprotezione, normativa europea e D.Lgs. 101/2020. Direttive EURATOM e Convenzioni internazionali
Ud2.2 Principi ICRP 0,5 CFU – 4 ore di didattica frontale	Principi ICRP: giustificazione, ottimizzazione, limitazione delle dosi
Ud2.3 Organizzazione della radioprotezione 0,5 CFU – 4 ore di didattica frontale	Ruolo degli esperti di radioprotezione, la figura dell'Esercente/Titolare dell'autorizzazione e il ruolo dei datori di lavoro, dirigenti e preposti. La figura dell'esperto di radioprotezione e cenni al DM 9 agosto 2022. Cultura in materia di sicurezza, abilità a comunicare, registrazione (sorgenti, dosi, eventi anomali), permessi di lavoro ed altre autorizzazioni, definizione delle zone e classificazione dei lavoratori, controlli di qualità per sorgenti ad uso non medico. Le figure di Medico Autorizzato e di Lavoratore.
Ud2.4 Funzioni delle Autorità, Titoli autorizzativi, Apparato sanzionatorio, Responsabilità civile 0,75 CFU – 6 ore di didattica frontale	Funzioni delle Autorità competenti, Funzioni dell'Autorità di Regolamentazione competente. Inquadramento generale e chiave di lettura della Legislazione nazionale in materia di sicurezza nucleare e radioprotezione. Titoli autorizzativi (notifica, autorizzazione, denuncia). Cenni alle Guide Tecniche dell'ISIN Cenni all'apparato sanzionatorio (Illeciti penali e illeciti amministrativi). Cenni sulla responsabilità civile legata all'impiego pacifico dell'energia nucleare.
Modulo 3: Dosimetria delle Radiazioni Ionizzanti 5 CFU- 40 ore di didattica frontale	
Ud3.1 Grandezze dosimetriche 1 CFU – 8 ore di didattica frontale	Grandezze fisiche, operative e di radioprotezione.

Ud3.2 Dosimetria esterna 1 CFU - 8 ore di didattica frontale	Principi teorici, teoria della cavità, metodi e strumenti di misura, incertezze di misura, minima attività rilevabile e i limiti di rilevazione, dosimetri e principi di funzionamento, spettrometria, dosimetria personale e ambientale.
Ud3.3 Dosimetria interna 0,5 CFU - 4 ore di didattica frontale	Principi teorici, contaminazione interna.
Ud3.4 Controllo esposizione del personale e del pubblico in ambito sanitario e industriale 1 CFU - 8 ore di didattica frontale	Tipologie rischio: contaminazione interna ed irradiazione esterna. Classificazione dei lavoratori. Limiti di dose individuale totale e parziale. Effetti stocastici e deterministici. Sorveglianza sanitaria: protocollo sanitario. Ruolo/Funzioni Medico Autorizzato. Visita medica preventiva, periodica, straordinaria, post-esposizione, di cessazione. Sorveglianza medica eccezionale. Effetti delle radiazioni in gravidanza. Prevenzione rischi in gravidanza ed in allattamento; applicazione D.lgs 151/2001 e s.m.i . Role play case study.
Ud3.5 Protezione della popolazione 1 CFU - 8 ore di didattica frontale	Concetto di individuo rappresentativo. Introduzione alla radioprotezione della popolazione. Sorgenti naturali e artificiali. Principali fonti mediche di radiazioni. Terapie con radionuclidi. Il sistema della protezione da radiazioni. Richiami alla normativa specifica e organi competenti. Il rischio da irradiazione esterna. Il rischio da radiazioni internalizzate. La radioprotezione nell'industria nucleare. La radioprotezione nell'industria non nucleare. Incidenti nucleari ed emergenze
Ud3.6 Pratiche ed interventi 0,5 CFU - 4 ore di didattica frontale	Prevenzione, controllo, verifica e miglioramento della protezione dalle radiazioni ionizzanti. Tutela dei lavoratori, della popolazione e dell'ambiente. Principio ALARA. Valutazione delle pratiche. Analisi delle sorgenti di radiazioni. Classificazione delle aree. Valutazione preventiva del rischio radiologico. Aggiornamento della documentazione autorizzativa. Interventi tecnici. Verifica delle schermature. Controllo delle apparecchiature. Controlli di qualità. Taratura e verifica della strumentazione di misura.
Modulo 4: Radioattività ambientale (sorgenti naturali, Radon, NORM) 3,5 CFU- 28 ore di didattica frontale	
Ud4.1 Sorgenti naturali e NORM. NORM in ambito lavorativo 0,5 CFU - 4 ore di didattica frontale	Sorgenti naturali e NORM. NORM in ambito lavorativo. Rischi specifici associati alla radioattività naturale, azioni di rimedio per ridurre le esposizioni nelle attività lavorative con le materie radioattive

	naturali di cui al Titolo IV del decreto Lgs 101/2020.
Ud4.2 Il Radon 2 CFU – 16 ore di didattica frontale	Radon: informazioni generali, grandezze caratteristiche e unità di misura. Il rischio associato all'esposizione al radon indoor la normativa nazionale e gli approcci internazionali. Misurazione della concentrazione di attività di radon con rivelatori attivi. Misurazione della concentrazione di attività di radon con rivelatori passivi. Comportamento di radon e progenie in ambiente chiuso. Sorgenti di radon indoor, meccanismi di migrazione e parametri di influenza. Il Piano Nazionale d'Azione per il Radon. Effetti stocastici connessi all'esposizione al radon indoor.
Ud4.3 Pratiche ed interventi, nuove costruzioni, interventi di risanamento 1 CFU – 8 ore di didattica frontale	Normativa in materia di esposizione al radon negli edifici, radon negli edifici. Tecniche di prevenzione e risanamento. Specifiche tecniche di intervento. Progettazione di interventi mirati Risanamento edifici esistenti. Prevenzione edifici nuova costruzione.
Modulo 5: Sorgenti di radiazioni ionizzanti 4 CFU– 32 ore di didattica frontale	
Ud5.1 Apparecchiature radiologiche I 1 CFU – 8 ore di didattica frontale	Principi di funzionamento delle apparecchiature radiologiche. Applicazione della Radioprotezione nelle pratiche radiologiche: Classificazione e segnalazione delle aree. Radioprotezione dei lavoratori. Tecniche di esposizione, progettazione sale radiologiche, progettazione schermature. Norme comportamentali, dispositivi di protezione. Controlli di qualità. Indicatori dosimetrici in radiodiagnostica. Kerma, ESAK, KAP, CTDI.
Ud5.2 Apparecchiature radiologiche II 1 CFU – 8 ore di didattica frontale	Apparecchiature con tubi RX, funzionamento tubo RX, rateo di dose da radiazione diretta – diffusa e di fuga, calcolo bbpp, applicazioni industriali, spettrofotometria. Esempi pratici. Macchine acceleratrici, funzionamento, attivazione neutronica, interazione neutroni-materia, limiti di dose ai lavoratori e alla popolazione. Linac: radiazione diretta, di fuga, diffusa e fuga, calcoli bbpp bunker, applicazioni industriali. Acceleratori per diagnosi $E < 10 \text{ MeV}$, acceleratori per terapia $E > 10 \text{ MeV}$. Apparecchiature contenenti sostanze radioattive. Esercitazione pratica. Ciclotrone autoschermato, macchine con sostanze radioattive: esempi pratici- terapia metabolica, terapia radiometabolica, progettazione di un reparto di terapia radiometabolica, Realizzazione del reparto: logica dei percorsi, gestione rifiuti, analisi risultati, modelli, parametri e scelte tecniche per controllare la

	dose interna e ridurre la dose ai lavoratori in un reparto di terapia radiometabolica. Caratteristiche di funzionamento delle apparecchiature emittenti raggi X, parametri radioprotezionistici, carico di lavoro, barriere primarie e secondarie, loro progettazione e verifica.
Ud5.3 Sorgenti radioattive 1 CFU – 8 ore di didattica frontale	Progettazione e verifica barriere primarie e secondarie principali; tipi e usi delle sorgenti a raggi X, in campo sanitario, industriale e di ricerca. Caratteristiche delle sorgenti sigillate e procedure di detenzione e impiego sorgenti sigillate ad alta attività, sorgenti orfane, sorveglianza radiometrica, valutazione del rischio da radiazioni ionizzanti, gammagrafia in campo industriale, esempi pratici, Principali tipi e usi delle sorgenti sigillate e acceleratori nell'industria e nella ricerca. Sorgenti di neutroni. Sistemi di rilevazione e misura per i singoli radioisotopi, inclusi i radionuclidi di origine naturale (in particolare radon e toron).
Ud5.4 Attrezzature sanitarie per terapia e diagnostica 1 CFU – 8 ore di didattica frontale	Caratteristiche del tubo a raggi X, catodo, diverse tipologie di anodo, parametri selezionabili, contrasto e caratteristiche e limitazioni dell'immagine 2D. Criteri di radioprotezione: esempio con la radiologia interventistica. Correlazione con parametri legati alla dose al paziente e uso dell'LDR come valutazione dose al paziente, legato anche al rischio degli operatori. Apparecchiature TC, significato dell'immagine 3D, piani e immagini trasverse, sagittali e coronali. Come nasce l'immagine TC, coefficiente di attenuazione e numeri Hounsfield, livelli di grigio, rotazione del tubo e dei rivelatori, TC elicoidale e TC multistrato, immagine "scout" e scansione del paziente, artefatti, TC dentaria. Problemi di radioprotezione e correlazione a parametri legati alla dose al paziente. Immagini con farmaci radioattivi, gamma camera, SPECT e PET (PET-TOF). Principi di funzionamenti e caratteristiche dei rivelatori, scintillatori e fotomoltiplicatori, macchine ibride TC-SPECT, e TCPET. Fusione di immagini e aspetti radioprotezionistici. Il ciclotrone, macchina funzionale alla produzione dei farmaci per la PET, principi di funzionamento, campo magnetico statico e campo elettrico alternato. Accelerazione di particelle H- e D-, estrazioni delle particelle accelerate e reazioni con il target per la produzione dei radiofarmaci (in particolare Fluoro-18). Aspetti di radioprotezione. Attivazione dei materiali.

	Radioterapia. L'acceleratore lineare, sorgente di elettroni, guida d'onda e guida acceleratrice, curvatura degli elettroni e urto sul "target" per la produzione di raggi X o foglie di diffusione per l'utilizzo terapeutico con gli elettroni. Flattening filter e modulazione del fascio X in uscita con il MLC (Multileaf Collimator). Utilizzo tradizionale 3d e radioterapia a intensità modulata (IMRT) o VMAT. Tomoterapia e differenza con gli acceleratori lineari. Cyberknife. Radioterapia "4D" con la registrazione del movimento respiratorio (respiratory gated). Importanza della fusione di immagini (es. TC- PET) per la migliore accuratezza nella definizione del volume da irradiare. Cenni di radioprotezione e confronto di energie e dosi con la TC.
Modulo 6: Radioprotezione dei neutroni e degli acceleratori di elettroni e di adroni 3,5 CFU – 28 ore di didattica frontale	
Ud6.1 Radioprotezione dei neutroni e degli acceleratori di adroni 3 CFU – 24 ore di didattica frontale	Fisica dei neutroni e sorgenti neutroniche. Fluenza, spettro energetico, letargia, moderazione, cattura, reazioni nucleari e coefficienti di conversione fluenza-dose. Sorgenti isotopiche, generatori D-D e D-T, reattori, LINAC per radioterapia, target spessi e campi di riferimento. Schermature per neutroni di bassa energia. Random walk, rallentamento, diffusione, assorbimento, materiali moderanti e assorbitori. Generazione di radiazione secondaria. Labirinti, porte schermanti, dotti impiantistici e attraversamenti, verifica sperimentale delle attenuazioni. Schermature per neutroni di alta energia, labirinti e skyshine e groundshine. Produzione , lunghezze di attenuazione nei tipici materiali schermanti. Stima dei carichi di lavoro, modello a linea di vista, cenni di valutazioni Monte Carlo. Labirinti, riflessioni multiple, curve universali, trasmissione nelle diverse gambe, skyshine e dimensionamento dei tetti. Attivazione dei materiali e attivazione dell'aria. Produzione, saturazione e decadimento dei radionuclidi in componenti, acqua, strutture e materiali irraggiati. Attivazione dell'aria, ventilazione e scarichi; modelli

	di dispersione di Pasquill, Huber e CFD, valutazioni di dose alla popolazione. Sistemi di sicurezza radiologica degli acceleratori. Controllo degli accessi, interlock, beam stopper, arresti di emergenza, segnalazioni e procedure di ricerca persona. Ridondanza, indipendenza funzionale, prove periodiche e criteri di affidabilità. Strumentazione, dosimetria personale Strumenti per radioprotezione operativa: contatori proporzionali, Long counter, Rem counter, sfere di Bonner, rivelatori a gas, Rivelatori a tracce, dosimetri personali (ad albedo, a bolle, a tracce, elettronici). Rivelatori a stato solido, TEPC, OSL, TLD, monitoraggio continuo e/o passivo degli effluenti aeriformi. Problemi di misura in campi di particolare intensità, campi misti, campi pulsati Metodi e impianti per taratura di rivelatori di neutroni. Risposta energetica, campi misti, tempo morto, saturazione, pile-up e campi pulsati. Esempi di impianti e problematiche di esercizio. Esempi di macchine per ricerca, taratura, protonterapia, adroterapia, BNCT, e relativi problemi di radioprotezione.
Ud6.2 Radioprotezione degli acceleratori di elettroni a scopo medico 0,5 CFU - 4 ore di didattica frontale	Caratteristiche di funzionamento di un LINAC e problematiche connesse alla progettazione, all'esercizio e al decommissioning.
Modulo 7: Principi di Ingegneria nucleare 8,5 CFU- 68 ore di didattica frontale	
Ud7.1 Fissione e fusione nucleare 1,5 CFU - 12 ore di didattica frontale	Principi fondamentali della fissione e fusione nucleare. Sezioni d'urto.
Ud7.2 Ingegneria dei reattori nucleari a fissione e fusione 4,5 CFU - 36 ore di didattica frontale	Conoscenze fondamentali su: Ingegneria dei reattori. Impianti Nucleari (fissione e-fusione); principi di Sicurezza. Fisica del Reattore Nucleare. Teoria della diffusione e del trasporto di neutroni.
Ud7.3 Combustibile nucleare: fabbricazione e trattamento 1 CFU - 8 ore di didattica frontale	Conoscenze fondamentali sulla fabbricazione del combustibile, tossicità e problemi di misurazione associati agli elementi di alto numero atomico. Introduzione e trattamento del combustibile per reattori a combustibile solido; trattamento del combustibile: chimica del processo, manipolazione da remoto, problemi specifici dello stoccaggio del combustibile e della gestione dei residui. Trasporto, Combustibile esaurito e rifiuti radioattivi di alta attività, unità di misura radioattività e trattamento del combustibile per reattori a combustibile liquido

	Aspetti legali (IAEA, ICRP, Euratom), confronto tra Direttive e Regolamenti EURATOM e legislazione italiana. Casi studio e discussione.
Ud7.4 Radioprotezione nel campo dell'irradiazione neutronica e ingegneria delle barriere 1 CFU - 8 ore di didattica frontale	Conoscenze fondamentali sulla radioprotezione nel campo dell'irradiazione neutronica e ingegneria delle barriere.
Ud7.5 Impianti nucleari del ciclo del combustibile e della gestione dei rifiuti radioattivi 0,5 CFU - 4 ore di didattica frontale	Impianti nucleari e delle principali installazioni del ciclo del combustibile e della gestione dei rifiuti radioattivi soggetti alla disciplina del Titolo IX (Impianti) del D.Lgs 101/2020. Caratteristiche di installazione, autorizzazione e gestione, con riferimento al rischio da radiazioni ionizzanti, degli impianti di cui all'articolo 7, comma 1, numeri 16, 63, 66, 67, 68, 69 e 116, del decreto legislativo 31 luglio 2020, n.101, e di cui al medesimo articolo 7, comma 1, numeri 62 e 64 che operino presso impianti nucleari di cui al capo IX del predetto decreto legislativo n. 101 del 2020.
Modulo 8: I rifiuti radioattivi 2,75 CFU- 22 ore di didattica frontale	
Ud8.1 Produzione dei rifiuti radioattivi 0,75 CFU - 6 ore di didattica frontale	La caratterizzazione radiologica, tecniche impiegate e obiettivi. Strategie di campionamento e misure radiometriche. Legislazione vigente (art. 54 del D.Lgs 101/2020). Livelli di allontanamento. Standard internazionali. Verifica dei livelli di allontanamento. Allontanamento di materiali metallici, cementizi e vari. Tecniche di misura impiegate nell'allontanamento dei materiali. La Spettrometria gamma in situ.
Ud8.2 Trattamento dei rifiuti radioattivi 1 CFU - 8 ore di didattica frontale	Allontanamento materiali metallici dagli impianti di cui al Titolo IX del D.Lgs 101/2020. Problemi specifici dello stoccaggio del combustibile esaurito e della gestione dei rifiuti radioattivi.
Ud8.3 Trasporto dei rifiuti radioattivi 0,5 CFU - 4 ore di didattica frontale	Il trasporto di materie radioattive e fissili e di rifiuti radioattivi. Vocabolario. Contesto normativo. Vettori autorizzati. Materiale vs Rifiuto radioattivo. STRIMS. Figure coinvolte. Colli. Imballaggi. Sicurezza. Emergenze. Vigilanza.
Ud8.4 Gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi 0,5 CFU - 4 ore di didattica frontale	Cenni al Programma Nazionale per la gestione del combustibile esaurito e dei rifiuti radioattivi. Cenni ai Depositi temporanei per lo stoccaggio dei rifiuti radioattivi. Cenni al Deposito Nazionale dei rifiuti radioattivi.
Modulo 9: Le emergenze radiologiche e nucleari 2,5 CFU - 20 ore di didattica frontale	
Ud9.1 Norme operative	Riferimenti normativi. Le emergenze nucleari e

1 CFU - 8 ore di didattica frontale	radiologiche. Preparazione e risposta alle emergenze, gli standard internazionali. Le vie di esposizione. Le fasi di un'emergenza. Le misure protettive. La fase di transizione. I livelli di riferimento per l'emergenza (DPCM 29 APRILE 2022). La gestione delle emergenze a livello internazionale. Le pianificazioni locali. Piani di emergenza esterna per installazioni nucleari. Piani di emergenza esterna per aree portuali con possibile presenza di naviglio a propulsione nucleare. Piani per il trasporto di materie radioattive e fissili. Piani per il rinvenimento di sorgenti orfane. Il Piano Nazionale. L'informazione alla popolazione. Gli standard internazionali IAEA. Zone di pianificazione di emergenza per NPP secondo gli standard IAEA. La GSR parte 7: Requisiti generali. Requisiti funzionali. Requisiti infrastrutturali. I criteri operativi per una pronta risposta alle emergenze nucleari e radiologiche previsti dagli standard IAEA. Gestione di un'emergenza di tipo radiologico. Le convenzioni internazionali sulla pronta notifica e sull'assistenza. Decisione del Consiglio 87/600/EURATOM. Le piattaforme internazionali per lo scambio dei dati. Esercitazioni di emergenza internazionali che vengono proposte. Il PEE. Obiettivi. Soggetti coinvolti. Modello di intervento. Le esercitazioni internazionali.
Ud9.2 Procedure, decontaminazione, contenimento 1 CFU - 8 ore di didattica frontale	bonifica e rilascio condizionato e incondizionato nelle installazioni e negli impianti
Ud9.3 Piani di intervento di emergenza delle Prefetture e Titolo XIV del D.Lgs 101/20 0,5 CFU - 4 ore di didattica frontale	Titolo XIV del D.Lgs 101/2020 e Piani di intervento di emergenza delle Prefetture.

8. MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELLA DIDATTICA

Il Master è di secondo livello, ha durata annuale e comporta un impegno complessivo di 1.500 ore, pari a 60 Crediti Formativi Universitari (CFU), così articolati:

- 36 CFU per lezioni, laboratori, seminari e attività didattiche frontali;
- 21 CFU per tirocinio formativo;
- 3 CFU per la prova finale;

Ogni CFU corrisponde a 25 ore di impegno complessivo (lezioni frontali, laboratori, esercitazioni, studio personale).

Lezioni frontali sono erogabili a distanza (mediante piattaforma Google Meet).

9. MODALITÀ E OBBLIGHI DI FREQUENZA E FORME DI CONTROLLO

La frequenza è obbligatoria per almeno l'80% delle attività complessive.

Il tirocinio (21 CFU – 525) è svolto presso enti pubblici, aziende, laboratori di ricerca o centri tecnologici partner. Il Tirocinio sarà abilitante (fino ad un massimo di 80 gg) per l'iscrizione all'esame di Esperto di Radioprotezione presso il Ministero del Lavoro ai sensi dell'articolo 129, comma 4 del D. Lgs. n. 101/2020. Può essere sostituito, previa approvazione del Comitato Scientifico, da un **project work applicativo** su temi coerenti con il percorso di Master.

E' possibile riconoscere crediti formativi già acquisiti con altre attività didattiche o derivanti da conoscenze e abilità professionali, attività lavorativa/extra – universitaria, previa approvazione del Comitato Scientifico del Master.

10- MODALITA' DI SVOLGIMENTO DELLE VERIFICHE PERIODICHE

Il superamento di ciascun modulo comporta una prova di verifica del profitto (test scritto), valutata in **trentesimi**.

11. MODALITÀ DI SVOLGIMENTO DELLA PROVA FINALE

La **prova finale**, valutata in **centodecimi**, consiste nella discussione di un elaborato tecnico-scientifico o di un project work relativo al tirocinio. La prova si svolge esclusivamente in presenza.