

**Laurea in Ingegneria Civile e Industriale – Latina – 2° anno**

**Insegnamento: Meccanica Razionale – 6 CFU**

Docente: E.N.M. Cirillo – Anno Accademico: 2020–2021

A partire dal 2013–14 il Corso di Meccanica Razionale è da 6 crediti. Gli studenti degli anni precedenti possono sostenere l'esame sul programma del loro anno di corso oppure sul programma del corso di Meccanica Razionale 2020–21 integrato con argomenti concordati con il docente.

**Programma**

- L00.** Prerequisiti di algebra lineare (spazi vettoriali), richiami di geometria (spazi puntuali euclidei) e curve. [1, Appendici A e B] e [6].
- L01.** Leggi della meccanica. [1, Capitolo 1] e [4, 11].
- L02.** Sollecitazioni e campo momento. [1, Capitoli 1 e 17].
- L03.** Trasformazioni di coordinate. [1, Capitolo 2].
- L04.** Cinematica degli osservatori. [1, Capitolo 3] e [4].
- L05.** Moti relativi. [1, Capitolo 4] e [4].
- L07.** Sistemi conservativi unidimensionali: ritratto di fase e diagramma di stabilità. [1, Capitolo 6] e [8].
- L08.** Sistemi vincolati. [1, Capitolo 7].
- L10.** Proprietà generali dei sistemi di particelle. [1, Capitolo 9] e [4].
- L11.** Dinamica dei sistemi olonomi: equazioni di Lagrange. [1, Capitolo 10] e [4].
- L12.** Statica dei sistemi olonomi: equilibrio e stabilità. [1, Capitolo 12] e [4].
- L13.** Cinematica del corpo rigido: il moto e l'atto di moto. [1, Capitolo 14] e [4].
- L14.** Corpo rigido: geometria delle masse. [1, Capitolo 15] e [4].
- L15.** Dinamica e statica del corpo rigido: formalismo lagrangiano. [1, Capitolo 16] e [4].
- L16.** Sistemi oscillanti. [1, Capitolo 13] e [4].

## Testi consigliati

- [1] Emilio N.M. Cirillo, “Appunti delle Lezioni di Meccanica Razionale per l’Ingegneria.” Edizioni CompoMat, 2018, Configni (Ri).

## Esercitazioni ed esempi di prove d’esame

Sul sito google classroom sono reperibili alcune esercitazioni, suddivise per argomenti, e alcune prove d’esame degli anni passati scelte dal docente. Non è distribuita la soluzione.

Gli studenti sono invitati a svolgere questi esercizi durante o al termine del corso e a discutere con il docente le eventuali difficoltà incontrate.

## Testi suggeriti per eventuali approfondimenti

- [2] D. Andreucci, “Meccanica Razionale – Modelli Matematici per l’Ingegneria.” Edizioni La Dotta, 2019, Bologna.
- [3] V.I. Arnold, “Metodi Matematici della Meccanica Classica.” Editori Riuniti, 1986.
- [4] P. Benvenuti, P.G. Bordoni, G. Maschio, “Lezioni di Meccanica Razionale.” Edizioni CompoMat, 2010, Configni (Ri).
- [5] P. Benvenuti, G. Maschio, “Esercizi di Meccanica Razionale.” Edizioni CompoMat, 2011, Configni (Ri).
- [6] W.E. Deskins, “Abstract Algebra.” The MacMillian Company, 1964, New York.
- [7] B.A. Dubrovin, S.P. Novikov, A.T. Fomenko, “Geometria delle superfici, dei gruppi di trasformazioni e dei campi.” Volume primo. Editori Riuniti, Edizioni Mir, Mosca, 1986.
- [8] G. Gallavotti, “Meccanica elementare.” Boringhieri, Torino, 1986.
- [9] H. Goldstein, C. Poole, J. Safko, “Meccanica Classica.” Zanichelli, 2005, Bologna.
- [10] L. Landau, E. Lifchitz, “Meccanica,” tomo 1 della collezione “Fisica Teorica.” Mir, 1964, Mosca.
- [11] T. Levi-Civita, U. Amaldi, “Lezioni di Meccanica Razionale.” Edizioni CompoMat, 2012, Configni (Ri).
- [12] E. Olivieri, “Appunti di Meccanica Razionale.” UniTor, 1991, Roma.
- [13] J.R. Taylor, “Meccanica Classica.” Zanichelli, 2006, Bologna.

## **Esame in presenza**

L'esame consiste in una prova scritta e un colloquio orale. La prova scritta consta di problemi relativi all'intero programma con particolare attenzione ai sistemi olonomi e ai sistemi rigidi. Il colloquio orale si svolge immediatamente dopo la correzione della prova scritta sulla base del calendario predisposto dal docente.

Durante la prova scritta non è possibile usare né appunti (scritti a mano, fotocopiati, stampati, etc.) di nessuna natura né dispositivi elettronici. Gli studenti possono consultare esclusivamente e brevemente le copie del libro di testo (o di eventuali altri testi usati per la preparazione dell'esame) preventivamente sulla cattedra.

## **Esame in modalità a distanza o mista**

L'esame consiste in una prova scritta e un colloquio orale che verranno svolti seguendo le istruzioni contenute nei decreti rettorali. I candidati devono prendere visione del Decreto Rettoriale 1141/2020 relativo agli esami scritti a distanza, delle istruzioni per l'uso del sito exam.net, dell'informativa per gli studenti pubblicati sul sito dell'Ateneo. L'identificazione dello studente viene compiuta in accordo con le direttive dell'ateneo, come specificato nel DR 1141/2020.

Gli studenti vengono convocati per la prova scritta e per quella orale mediante l'invio di un messaggio di posta elettronica all'indirizzo di posta istituzionale tramite il sito Infostud. La prova scritta si svolge sulla piattaforma exam.net.

La prova scritta consta di un problema relativo all'intero programma con particolare attenzione ai sistemi olonomi e ai sistemi rigidi. La durata della prova scritta è di sessanta minuti. Il colloquio orale si svolge immediatamente dopo la correzione della prova scritta sulla base del calendario che verrà pubblicato sulla pagina web del docente ed è relativo all'intero programma del corso pubblicato sul sito web del docente e sulla pagina classroom del corso.

Durante la prova scritta non è possibile usare né appunti (scritti a mano, fotocopiati, stampati, etc.) di nessuna natura né dispositivi elettronici oltre quelli necessari per svolgere la prova medesima. Gli studenti possono consultare esclusivamente e brevemente la copia del libro di testo (o di eventuali altri testi usati per la preparazione dell'esame) mostrata al docente prima dell'inizio della prova.

La prova scritta consta di un singolo problema articolato in più domande che, a discrezione del docente, saranno a risposta multipla o aperta.

### Modalità risposta multipla

Per ciascuna domanda sono proposte più risposte indicate con le lettere A, B, .... Una sola delle risposte proposte è corretta. Lo studente deve riportare sulla pagina bianca elettronica presente sull'applicativa exam.net il suo numero di matricola e di seguito la sequenza delle risposte nel formato seguente:

1. A

2. B

⋮

Allo scadere del tempo a disposizione, gli studenti dovranno concludere l'esame sottomettendo tramite gli appositi comandi presenti sul sito exam.net la lista delle risposte.

A ciascuna risposta esatta verrà attribuito un punteggio positivo pari a 30 diviso per il numero totale di domande. A ciascuna risposta sbagliata verrà attribuito un punteggio negativo al peggio uguale al valore previsto per la risposta esatta diviso per il numero di opzioni di risposta proposte. Nessun punteggio viene attribuito a domande per le quali non sia stata indicata alcuna risposta.

Sul sito exam.net è disponibile un prototipo di prova cui gli studenti possono accedere utilizzando il codice distribuito sullo stream di classroom oppure richiedendolo al docente.

#### Modalità risposta aperta

Il compito va svolto su fogli bianchi (né a righe né a quadretti) con penne nere e blu e il testo e le formule devono risultare chiaramente leggibili:

- tutti i fogli usati per il compito devono riportare in alto a sinistra il numero di matricola dello studente e in alto a destra un numero progressivo da 1 fino al numero di fogli consegnati;
- i calcoli devono essere svolti su fogli numerati dal 2 in poi;
- le diverse parti dello svolgimento devono essere separati dalla dicitura: DOMANDA  $Y$ , dove  $Y$  è il numero della domanda;
- tutte le risposte alle domande devono essere raccolte in una sola pagina che verrà numerata come pagina 1: su tale pagina, dall'alto verso il basso, deve essere riportato il numero di matricola dello studente, il numero totale di fogli di cui consta il compito, le risposte alle diverse domande, ciascuna preceduta dalla dicitura DOMANDA  $Y$ , dove  $Y$  è il numero della domanda corrispondente.
- verranno considerate svolte soltanto le domande la cui risposta è riportata nella pagina 1 secondo le modalità illustrate in precedenza;
- verranno considerate svolte soltanto le domande il cui svolgimento è riportato nelle pagine successive secondo le modalità illustrate in precedenza.

Al termine della prova gli studenti usano la piattaforma exam.net su cui si svolge l'esame per inviare la soluzione dopo averla acquisita sul cellulare tramite scan QRcode.

Sul sito exam.net è disponibile un prototipo di prova cui gli studenti possono accedere utilizzando il codice distribuito sullo stream di classroom oppure richiedendolo al docente.

FACSIMILE PAGINA 1

Matricola: 1234567890	1
Numero totale di fogli: ____	
DOMANDA 1: risposta	
DOMANDA 2: risposta	
⋮	
⋮	

FACSIMILE PAGINA 2 E SUCCESSIVE

Matricola: 1234567890	2
DOMANDA 1: svolgimento	
DOMANDA 2: svolgimento	
⋮	
⋮	

## Diario delle lezioni con riferimenti bibliografici a [1]

Lezioni 1 – 4, ore effettive 1 – 4 (29 settembre 2018)

**L00.** Paragrafi A.3 spazi vettoriali, A.4 spazi vettoriali euclidei, A.5 spazi vettoriali euclidei tridimensionali.

**L00.** Paragrafi B.1 spazi puntuali, B.2 isometrie, B.3 curve regolari.

Lezioni 5 – 8, ore effettive 5 – 8 (1 ottobre 2018)

**L00.** Paragrafi B.3 curve regolari, B.4 atlante e carte.

**L01.** Paragrafi 1.1 cinematica, 1.2 dinamica. C.1 descrizione cinematica del moto di una particella.

Lezioni 9 – 12, ore effettive 9 – 12 (6 ottobre 2018)

**L01.** Paragrafi 1.3 statica, C.2 classificazione cinematica dei moti.

**L02.** Paragrafi 1.4 proprietà generali delle sollecitazioni e campo momento, 17.2 sollecitazioni equivalenti.

**L03.** Paragrafi 2.1 trasformazioni di coordinate cartesiane, 2.2 trasformazioni particolari (traslazione e rotazione).

Lezioni 13 – 16, ore effettive 13 – 16 (8 ottobre 2018)

**L03.** Paragrafi 2.2.1 angoli di Cardano, 2.2.2 angoli di Eulero.

**L04.** Paragrafi 3.1 moto di trascinamento, 3.2 velocità angolare, proprietà e esempio 3.1 di moto rotatorio. 3.2 esempio 3.2, 3.3 classificazione dei moti di trascinamento, 3.4 moto relativo e assoluto di un osservatore (composizione delle velocità angolari).

Lezioni 17 – 20, ore effettive 17 – 20 (13 ottobre 2018)

**L04.** Paragrafi 3.4 moto relativo e assoluto di un osservatore (composizione delle velocità angolari).

**L05.** Paragrafi 4.1 moto di un punto solidale a un osservatore mobile, 4.2 moto assoluto e relativo di un elemento, 4.3 moto rispetto a osservatori non inerziali.

Lezioni 21 – 24, ore effettive 21 – 24 (15 ottobre 2018)

**L05.** Paragrafi 4.3 moto rispetto a osservatori non inerziali.

**L07.** Paragrafi 6.1 sistemi meccanici conservativi unidimensionali, 6.2 analisi qualitativa, Problema 6.1 diagramma di biforcazione.

Lezioni 25 – 28, ore effettive 25 – 28 (20 ottobre 2018)

**L07.** Paragrafi 6.3 periodo dei moti oscillatori.

**L08.** Paragrafi 7.1 cinematica dei vincoli, 7.2 dinamica dei sistemi vincolati, 7.3 statica dei sistemi vincolati.

**L10.** Paragrafi 9.1 centro di massa, 9.2 riferimento del centro di massa, 9.3 equazioni globali della dinamica dei sistemi.

Lezioni 29 – 32, ore effettive 29 – 32 (22 ottobre 2018)

**L08.** Paragrafi 7.4 classificazione dei vincoli. 7.5 modelli di vincolo.

**L11.** Paragrafi 10.1 e 10.2 osservabili cinematiche e coordinate lagrangiane (teorema sulla matrice di massa senza dimostrazione), 10.3 prima forma delle equazioni di Lagrange.

Lezioni 33 – 36, ore effettive 33 – 36 (27 ottobre 2018)

**L11.** Paragrafi 10.3 prima forma delle equazioni di Lagrange, 10.4 seconda forma delle equazioni di Lagrange, 10.5 sollecitazioni a lavoro virtuale nullo, 10.6 sistemi olonomi conservativi.

Lezioni 37 – 40, ore effettive 37 – 40 (29 ottobre 2018)

**L11.** Paragrafi 10.7 integrali primi del moto, 10.8 leggi di conservazione per sistemi olonomi conservativi.

**L12.** Paragrafi 12.1 statica dei sistemi olonomi, 12.2 stabilità dell'equilibrio 12.2 stabilità dell'equilibrio (teoremi di Dirichlet e Liapunov senza dimostrazione).

Lezioni 41 – 44, ore effettive 41 – 44 (3 novembre 2018)

**L12.** Paragrafi 12.2 stabilità dell'equilibrio.

**L13.** Paragrafi 14.1 corpo rigido, 14.2 moti rigidi particolari, 14.3 atto di moto rigido, 14.4 classificazione degli atti di moto rigido, 14.5 moto rigido di contatto.

Lezioni 45 – 48, ore effettive 45 – 48 (5 novembre 2018)

**L13.** Paragrafi 14.5 moto rigido di contatto, 14.6 moto rigido piano.

**L14.** Paragrafi 15.1 centro di massa di un corpo rigido.

Lezioni 49 – 52, ore effettive 49 – 52 (10 novembre 2018)

**L14.** Paragrafi 15.1 centro di massa di un corpo rigido, 15.2 momento d'inerzia, 15.3 matrice d'inerzia. 15.4 grandezze cinematiche e matrice d'inerzia, 15.5 tensore d'inerzia.

Lezioni 53 – 56, ore effettive 53 – 56 (12 novembre 2018)

**L14.** Paragrafi 15.4 grandezze cinematiche e matrice d'inerzia, 15.5 tensore d'inerzia.

**L15.** Paragrafi 16.1 sistemi rigidi vincolati, 16.2 corpo rigido con almeno un punto fisso.

Lezioni 57 – 60, ore effettive 57 – 60 (17 novembre 2018)

**L15.** Paragrafi 16.2 corpo rigido con almeno un punto fisso, 16.3 moti senza strisciamento.

Lezioni 61 – 64, ore effettive 61 – 64 (19 novembre 2018)

**L15.** Paragrafi 16.4 sistemi di corpi rigidi a contatto.

**L16.** Paragrafo 13.3 piccole oscillazioni (applicazione al bpendolo).