

## **Programma**

- L00.** Prerequisiti di algebra lineare (spazi vettoriali), richiami di geometria (spazi puntuali euclidei) e curve. [1, Appendici A e B] e [5,6].
- L01.** Leggi della meccanica. [1, Capitolo 1] e [3,11].
- 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 [3].
- L05.** Moti relativi. [1, Capitolo 4] e [3].
- L06.** Dinamica e statica dell'elemento libero. [1, Capitolo 5] e [12].
- L07.** Sistemi conservativi unidimensionali: ritratto di fase e diagramma di stabilità. [1, Capitolo 6] e [8].
- L08.** Sistemi vincolati. [1, Capitolo 7].
- L09.** Dinamica dell'elemento vincolato. [1, Capitolo 8] e [3].
- L10.** Proprietà generali dei sistemi di particelle. [1, Capitolo 9] e [3].
- L11.** Dinamica dei sistemi olonomi: equazioni di Lagrange. [1, Capitolo 10] e [3].
- L12.** Statica dei sistemi olonomi: equilibrio e stabilità. [1, Capitolo 12] e [3].
- L13.** Cinematica del corpo rigido: il moto e l'atto di moto. [1, Capitolo 14] e [3].
- L14.** Corpo rigido: geometria delle masse. [1, Capitolo 15] e [3].
- L15.** Dinamica e statica del corpo rigido: formalismo lagrangiano. [1, Capitolo 16] e [3].
- L16.** Sistemi oscillanti. [1, Capitolo 13] e [3].
- L17.** Dinamica del corpo rigido e statica: equazioni cardinali. [1, Capitolo 17] e [3].
- L18.** Corpo rigido con un asse fisso: cerniera ideale e bilanciamento dinamico. [1, Capitolo 17] e [3].
- L19.** Corpo rigido con un punto fisso: moti alla Poincaré. [1, Capitolo 17] e [3].

**L20.** Corpo rigido con un punto fisso: trottola. [1, Capitolo 17] e [3].

**L21.** Corpo rigido appoggiato a una superficie liscia. [1, Capitolo 17] e [3].

**L22.** Sfera appoggiata a una superficie scabra. [1, Capitolo 17] e [11].

### **Modalità di svolgimento dell'esame**

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 poste sulla cattedra.

### **Esercitazioni ed esempi di prove d'esame**

Sul sito moodle 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 il corso e a discutere con il docente le eventuali difficoltà incontrate.

### **Testi consigliati**

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

### **Testi suggeriti per eventuali approfondimenti**

- [2] V.I. Arnold, "Metodi Matematici della Meccanica Classica." Editori Riuniti, 1986.
- [3] P. Benvenuti, P.G. Bordoni, G. Maschio, "Lezioni di Meccanica Razionale." Edizioni CompoMat, 2010, Configni (Ri).
- [4] P. Benvenuti, G. Maschio, "Esercizi di Meccanica Razionale." Edizioni CompoMat, 2011, Configni (Ri).
- [5] A. Bichara, F. Dell'Isola, "Elementi di Algebra Tensoriale con Applicazioni alla Meccanica dei Solidi." Società Editrice Esculapio, 2005, Bologna.
- [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] M. Lo Schiavo, “Appunti di Meccanica Razionale.” Edizioni CompoMat, 2010, Configni (Ri).
- [13] E. Olivieri, “Appunti di Meccanica Razionale.” UniTor, 1991, Roma.
- [14] J.R. Taylor, “Meccanica Classica.” Zanichelli, 2006, Bologna.

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

Lezioni 1 – 3, ore effettive 1 – 3 (23 settembre 2019)

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

**L00.** Paragrafo B.1 spazi puntuali.

Lezioni 4 – 6, ore effettive 4 – 6 (25 settembre 2019)

**L00.** Paragrafi B.2 isometrie, B.3 curve regolari.

Lezioni 7 – 8, ore effettive 7 – 8 (27 settembre 2019)

**L00.** Paragrafo B.4 atlante e carte.

**L01.** Paragrafi 1.1 cinematica, 1.2 dinamica.

Lezioni 9 – 11, ore effettive 9 – 11 (30 settembre 2019)

**L01.** Paragrafi 1.3 statica, C.1 descrizione cinematica del moto di una particella, C.2 classificazione cinematica dei moti.

**L02.** Paragrafo 1.4 proprietà generali delle sollecitazioni e campo momento.

Lezioni 12 – 14, ore effettive 12 – 14 (2 ottobre 2019)

**L02.** Paragrafo 17.2 sollecitazioni equivalenti.

**L03.** Paragrafi 2.1 trasformazioni di coordinate cartesiane, 2.2 trasformazioni particolari (traslazione e rotazione), 2.2.1 angoli di Cardano, 2.2.2 angoli di Eulero.

Lezioni 15 – 16, ore effettive 15 – 16 (4 ottobre 2019)

**L04.** Paragrafi 3.1 moto di trascinamento, 3.2 velocità angolare, proprietà e esempio 3.1.

Lezioni 17 – 19, ore effettive 17 – 19 (9 ottobre 2019)

**L04.** Paragrafi 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).

**L05.** Paragrafo 4.1 moto di un punto solidale a un osservatore mobile.

Lezioni 20 – 21, ore effettive 20 – 21 (11 ottobre 2019)

**L05.** Paragrafo 4.2 moto assoluto e relativo di un elemento.

Lezioni 22 – 24, ore effettive 22 – 24 (14 ottobre 2019)

**L06.** Paragrafi 5.1, 5.2 elemento libero e isolato, 5.3 elemento libero e non isolato.

Lezioni 25 – 27, ore effettive 25 – 27 (16 ottobre 2019)

**L07.** Paragrafi 6.1 sistemi meccanici conservativi unidimensionali, 6.2 analisi qualitativa, 6.3 periodo dei moti oscillatori (solo problema del pendolo).

Lezioni 28 – 29, ore effettive 28 – 29 (18 ottobre 2019)

**L07.** Problema 1 diagramma di biforcazione.

**L08.** Paragrafi 7.1 cinematica, 7.2 dinamica.

Lezioni 30 – 32, ore effettive 30 – 32 (21 ottobre 2019)

**L08.** Paragrafi 7.3 statica, 7.4 classificazione dei vincoli, 7.5 modelli di vincolo.

Lezioni 33 – 35, ore effettive 33 – 35 (23 ottobre 2019)

**L09.** Paragrafi 8.2 elemento vincolato a una guida rettilinea, 8.3 elemento vincolato a una guida curvilinea, 8.4 elemento vincolato a una superficie.

Lezioni 36 – 37, ore effettive 36 – 37 (25 ottobre 2019)

**L09.** Paragrafi 8.4 elemento vincolato a una superficie (problema del distacco), 8.5 oscillatore lineare.

**L10.** Paragrafi 9.1 centro di massa, 9.2 riferimento del centro di massa.

Lezioni 38 – 40, ore effettive 38 – 40 (28 ottobre 2019)

**L10.** Paragrafi 9.3 equazioni globali della dinamica dei sistemi.

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

Lezioni 41 – 43, ore effettive 41 – 43 (30 ottobre 2019)

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

Lezioni 44 – 46, ore effettive 44 – 46 (4 novembre 2019)

**L11.** Paragrafi 10.6 sistemi olonomi conservativi, 10.7 integrali primi del moto, 10.8 leggi di conservazione per sistemi olonomi conservativi.

Lezioni 47 – 49, ore effettive 47 – 49 (6 novembre 2019)

**L12.** Paragrafi 12.1 statica dei sistemi olonomi, 12.2 stabilità dell'equilibrio.

Lezioni 50 – 51, ore effettive 50 – 51 (8 novembre 2019)

**L12.** Paragrafo 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.

Lezioni 52 – 54, ore effettive 52 – 54 (11 novembre 2019)

**L13.** Paragrafo 14.5 moto rigido di contatto.

Lezioni 55 – 57, ore effettive 55 – 57 (13 novembre 2019)

**L13.** Paragrafi 14.6 moto rigido piano, 14.7 moto rigido sferico: precessione.

Lezioni 58 – 60, ore effettive 58 – 60 (18 novembre 2019)

**L13.** Paragrafo 14.7 moto rigido sferico: precessione.

**L14.** Paragrafi 15.1 centro di massa di un corpo rigido, 15.2 momento d'inerzia, 15.3 matrice d'inerzia.

Lezioni 61 – 63, ore effettive 61 – 63 (20 novembre 2019)

**L14.** Paragrafi 15.3 matrice d'inerzia, 15.4 grandezze cinematiche e matrice d'inerzia, 15.5 tensore d'inerzia.

Lezioni 64 – 65, ore effettive 64 – 65 (22 novembre 2019)

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

Lezioni 66 – 68, ore effettive 66 – 68 (25 novembre 2019)

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

Lezioni 69 – 71, ore effettive 69 – 71 (27 novembre 2019)

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

Lezioni 72 – 73, ore effettive 72 – 73 (29 novembre 2019)

**L16.** Paragrafi 13.1 coppia di oscillatori interagenti, 13.1.1 oscillatori identici, 13.3.1 piccole oscillazioni: un esempio.

Lezioni 74 – 76, ore effettive 74 – 76 (2 dicembre 2019)

**L16.** Paragrafi 13.1.2 regime di piccolo accoppiamento (battimenti), 13.3 piccole oscillazioni: teoria generale.

Lezioni 77 – 78, ore effettive 77 – 78 (4 dicembre 2019)

**L17.** Paragrafi 17.1 equazioni cardinali per il corpo rigido libero, 17.2 sollecitazioni equivalenti, 17.3 corpo rigido vincolato.

**L18.** Paragrafi 17.4 corpo rigido con asse fisso, 17.4.1 cerniera ideale.

Lezioni 79 – 80, ore effettive 79 – 80 (6 dicembre 2019)

**L14.** 15.6 ellissoide d'inerzia.

**L18.** Paragrafi 17.4.1 cerniera ideale, 17.4.2 cerniera ideale: corpo rigido pesante.

**L19.** Paragrafi 17.5 corpo rigido con punto fisso, 17.5.1 moto alla Poincaré.

Lezioni 81 – 83, ore effettive 81 – 83 (9 dicembre 2019)

**L19.** Paragrafi 17.5.1 moto alla Poincaré, 17.5.2 stabilità delle rotazioni permanenti.

**L20.** Paragrafi 17.5.3 trottola di Lagrange.

Lezioni 84 – 86, ore effettive 84 – 86 (11 dicembre 2019)

**L20.** Paragrafi 17.5.4 trottola: integrali primi, 17.5.5 trottola: equazioni pure, 17.5.6 trottola: analisi del moto, 17.5.7 trottola lanciata velocemente.

Lezioni 87 – 89, ore effettive 87 – 89 (16 dicembre 2019)

**L21.** Paragrafo 17.6 corpo rigido appoggiato su piano liscio.

Esercizi sulle equazioni cardinali.

Lezioni 90 – 92, ore effettive 90 – 92 (18 dicembre 2019)

**L22.** Paragrafo 17.7 sfera appoggiata su un piano scabro.

Esercizi sulle equazioni cardinali.