

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].
- L06.** Dinamica e statica dell'elemento libero [1, Capitolo 5].
- 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 [4].
- 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].
- L17.** Dinamica del corpo rigido e statica: equazioni cardinali [1, Capitolo 17] e [4].
- L18.** Corpo rigido con un asse fisso: cerniera ideale e bilanciamento dinamico [1, Capitolo 17] e [4].
- L19.** Corpo rigido con un punto fisso: moti alla Poinsot [1, Capitolo 17] e [4].

- L20.** Corpo rigido con un punto fisso: trottola [1, Capitolo 17] e [4].
- L21.** Corpo rigido appoggiato a una superficie liscia [1, Capitolo 17] e [4].
- L22.** Sfera appoggiata a una superficie scabra [1, Capitolo 17] e [11].
- L23.** Sistemi dinamici e teoria della stabilità di Liapunov [1, Capitolo 12].

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 sempre 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.

Diario delle lezioni

Lezioni 1 – 3, ore effettive 1 – 3 (25 settembre 2022)

L00. Paragrafi A.3 spazi vettoriali, A.4 spazi vettoriali euclidei, A.5 spazi vettoriali euclidei tridimensionali, B.1 spazi puntuali.

Lezioni 4 – 6, ore effettive 4 – 6 (27 settembre 2023)

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

Lezioni 7 – 8, ore effettive 7 – 8 (29 settembre 2023)

L00. B.4 atlante e carte.

L01. Paragrafi 1.1 cinematica, 1.2 dinamica.

Lezioni 9 – 11, ore effettive 9 – 11 (2 ottobre 2023)

L01. Paragrafi 1.3 statica, C.1 descrizione cilindrica, polare e intrinseca del moto di una particella, C.2 classificazione cinematica dei moti.

L02. Paragrafi 1.4 proprietà generali delle sollecitazioni e campo momento.

Lezioni 12 – 14, ore effettive 12 – 14 (4 ottobre 2023)

L02. 17.2 sollecitazioni equivalenti (esempio del peso).

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

Lezioni 15 – 16, ore effettive 15 – 16 (6 ottobre 2023)

L03. Paragrafo 2.2.1 angoli di Cardano.

L04. Paragrafi 3.1 moto di trascinamento, 3.2 velocità angolare, teorema di Poisson dimostrazione esistenza.

Lezioni 17 – 19, ore effettive 17 – 19 (9 ottobre 2023)

L04. Paragrafi 3.2 teorema di Poisson unicità, proprietà e esempi 3.1 e 3.2. 3.3 classificazione dei moti di trascinamento, 3.4 moto relativo e assoluto di un osservatore (composizione delle velocità angolari): enunciato e applicazioni.

Lezioni 20 – 22, ore effettive 20 – 22 (11 ottobre 2023)

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

L05. Paragrafi 4.1 moto di un punto solidale a un osservatore mobile, 4.2 moto assoluto e relativo di un elemento.

Lezioni 23 – 24, ore effettive 23 – 24 (13 ottobre 2023)

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

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 2023)

L07. Paragrafi 6.1 sistemi meccanici conservativi unidimensionali, 6.2 analisi qualitativa, esempi.

Lezioni 28 – 30, ore effettive 28 – 30 (18 ottobre 2023)

L07. 6.3 periodo dei moti oscillatori, Problema 1 diagramma di biforcazione.

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

Lezioni 31 – 32, ore effettive 31 – 32 (20 ottobre 2023)

L08. Paragrafi 7.3 statica dei sistemi vincolati, 7.4 classificazione dei vincoli, 7.5 modelli di vincolo (fino a vincolo perfetto).

Lezioni 33 – 35, ore effettive 33 – 35 (23 ottobre 2023)

L08. 7.5 modelli di vincolo (anonomo e appoggio).

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

Lezioni 36 – 38, ore effettive 36 – 38 (25 ottobre 2023)

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

L11. Paragrafi 10.1 e 10.2 osservabili cinematiche e coordinate lagrangiane (teorema sulla matrice di massa senza dimostrazione).

Lezioni 39 – 40, ore effettive 39 – 40 (27 ottobre 2023)

L11. Paragrafi 10.3 prima forma delle equazioni di Lagrange, 10.4 seconda forma delle equazioni di Lagrange,

Lezioni 41 – 43, ore effettive 41 – 43 (30 ottobre 2023)

L11. Paragrafi 10.5 sollecitazioni a lavoro virtuale nullo, 10.6 sistemi olonomi conservativi, 10.7 integrali primi del moto, 10.8 leggi di conservazione per sistemi olonomi conservativi.

Lezioni 44 – 45, ore effettive 44 – 45 (3 novembre 2023)

L11. Paragrafo 10.8 discussione degli Esempi 10.13 e 10.14g

L12. Paragrafo 12.1 statica dei sistemi olonomi, discussione dell'esempio 12.1.

Lezioni 46 – 48, ore effettive 46 – 48 (6 novembre 2023)

L12. Paragrafo 12.2 stabilità dell'equilibrio teorema di Dirichlet con dimostrazione rimandata e teorema di Liapunov senza dimostrazione. Esempi 12.1, 12.2 e 12.3.

L13. Paragrafi 14.1 corpo rigido, 14.2 moti rigidi particolari.

Lezioni 49 – 51, ore effettive 49 – 51 (8 novembre 2023)

L13. Paragrafi 14.3 atto di moto rigido, 14.4 classificazione degli atti di moto rigido, 14.5 moto rigido di contatto.

Lezioni 52 – 53, ore effettive 52 – 53 (10 novembre 2023)

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

Lezioni 54 – 56, ore effettive 54 – 56 (13 novembre 2023)

L13. Paragrafi 14.6 moto rigido piano: studio analitico dell'ellissografo, 14.7 moto rigido sferico: precessione.

L14. Paragrafo 15.1 centro di massa di un corpo rigido.

Lezioni 57 – 59, ore effettive 57 – 59 (15 novembre 2023)

L14. Paragrafi 15.2 momento d'inerzia, 15.3 matrice d'inerzia, 15.4 grandezze cinematiche e matrice d'inerzia.

Lezioni 60 – 61, ore effettive 60 – 61 (17 novembre 2023)

L14. Paragrafi 15.4 grandezze cinematiche e matrice d'inerzia (proprietà relative al caso sferico), 15.5 tensore d'inerzia.

Lezioni 62 – 64, ore effettive 62 – 64 (20 novembre 2023)

L14. Paragrafo 15.6 ellissoide d'inerzia.

L15. Paragrafi 16.1 sistemi rigidi vincolati (cerniera, giunto e collare), 16.2 corpo rigido con almeno un punto fisso.

Lezioni 65 – 67, ore effettive 65 – 67 (22 novembre 2023)

L15. Paragrafo 16.2 corpo rigido con almeno un punto fisso,

Lezioni 68 – 69, ore effettive 68 – 69 (24 novembre 2023)

L15. Paragrafi 16.3 moti senza strisciamento, 16.4 sistemi di corpi rigidi a contatto.

Lezioni 70 – 72, ore effettive 70 – 72 (27 novembre 2023)

L15. Paragrafo 16.4 sistemi di corpi rigidi a contatto.

L16. Paragrafo 13.1 coppia di oscillatori interagenti (oscillatori lineari, battimenti, oscillatori non lineari).

Lezioni 73 – 75, ore effettive 73 – 75 (29 novembre 2023)

L16. Paragrafi 13.1 coppia di oscillatori interagenti (oscilatori non lineari), 13.2 catena di oscillatori interagenti, 13.3 piccole oscillazioni con esempio del bipendolo.

Lezioni 76 – 77, ore effettive 76 – 77 (1 dicembre 2023)

L16. Paragrafo 13.3 ultime ossevazioni sull'esempio del bipendolo.

L17. Paragrafi 17.1 equazioni cardinali per il corpo rigido libero, 17.3 corpo rigido vincolato.

L18. Paragrafi 17.4 corpo rigido con asse fisso, 17.4.1 cerniera ideale, 17.4.2 cerniera ideale: corpo rigido pesante (statica).

Lezioni 78 – 80, ore effettive 78 – 80 (4 dicembre 2023)

L18. Paragrafo 17.4.2 cerniera ideale: corpo rigido pesante (dinamica).

L19. Paragrafi 17.5 corpo rigido con punto fisso, 17.5.1 moto alla Poincot: definizione esempi, equazioni di Eulero, leggi di conservazione, rotazioni permanenti, 17.5.2 stabilità delle rotazioni permanenti (definizione).

Lezioni 81 – 83, ore effettive 81 – 83 (6 dicembre 2023)

L19. Paragrafo 17.5.2 stabilità delle rotazioni permanenti (teorema).

L20. Paragrafi 17.5.3 trottola di Lagrange, 17.5.4 trottola: integrali primi, 17.5.5 trottola: equazioni pure.

Lezioni 84 – 86, ore effettive 84 – 86 (11 dicembre 2023)

L20. Paragrafi 17.5.6 trottola: analisi del moto, 17.5.7 trottola lanciata velocemente.

L21. Paragrafo 17.6 corpo rigido appoggiato su piano liscio.

Lezioni 87 – 89, ore effettive 87 – 89 (13 dicembre 2023)

L21. Paragrafo 17.6 corpo rigido appoggiato su piano liscio: esercizi sul disco e sul triangolo.

L22. Paragrafo 17.7 sfera appoggiata su un piano scabro.

L23. Paragrafo 12.3 introduzione alla teoria dei sistemi dinamici, esempi: sistemi meccanici unidimensionali, equazioni di Eulero, equazioni di Lotka–Volterra.

Lezioni 90 – 91, ore effettive 90 – 91 (15 dicembre 2023)

L23. Paragrafo 12.3 Teoria di Liapunov per la stabilità dei punti fissi di un sistema dinamico differenziabile, enunciato del teorema di Liapunov, esempio 17.5 sulla stabilità delle rotazioni di un moto alla Poincot, equazioni di Lotka–Volterra.

Lezioni 92 – 94, ore effettive 92 – 94 (18 dicembre 2023)

L23. Paragrafo 12.3 dimostrazione del teorema di Liapunov, dimostrazione del teorema di stabilità di Dirichlet.

L17. Esercitazione: Q05Lfi.

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

L’esame consiste in una prova scritta e un colloquio orale. La prova scritta consta di uno o più 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) poste preventivamente sulla cattedra.

La prova scritta potrà essere a risposta multipla o a risposta aperta. Nel primo caso la modalità sarà la seguente: per ciascuna domanda sono proposte più risposte indicate con le lettere A, B, Una sola delle risposte proposte è corretta. Allo studente viene richiesto di rispondere a un determinato numero di domande da scegliere tra quelle proposte. Lo studente deve riportare sulla prima pagina del compito le sue generalità, il suo numero di matricola e di seguito la sequenza delle risposte nel formato seguente:

1. A

2.

3. B

⋮

Qualora lo studente dovesse rispondere a un numero di domande superiore al numero richiesto, in fase di correzione verranno prese in considerazione le domande con numero d'ordine più basso fino al raggiungimento del numero richiesto.

A ciascuna risposta esatta viene attribuito un punteggio positivo pari a 30 diviso per il numero totale di risposte richieste. A ciascuna risposta sbagliata viene 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 classroom è disponibile un prototipo di prova.