

Modalità di svolgimento dell'esame

L'esame consiste in una prova scritta e una orale. Gli studenti che devono sostenere un esame da sei crediti devono sostenere l'esame sulle parti A, . . . , F del programma che segue. Tutti gli studenti dovranno sostenere gli esami sulla base del calendario semestrale del presente Anno Accademico.

Programma

- A. richiami di algebra e geometria [6, 7];
- B. cinematica dell'elemento;
- C. cinematica galileana e moti relativi [1];
- D. cinematica del corpo rigido [1];
- E. dinamica dei sistemi [1, 4];
- F. equazioni di Lagrange [1, 3, 4];
- G. dinamica e statica del corpo rigido [3, 4].

Diario delle lezioni

Lezioni 1–4 (24 settembre 2008)

A. Spazi vettoriali, proprietà e operazioni, prodotto scalare, componenti covarianti e controvarianti, basi ortonormali, matrici ortogonali, regole di trasformazioni delle componenti, gruppo $O(3)$ e sottogruppo $SO(3)$.

Lezioni 5–7 (26 settembre 2008)

A. Prodotto vettoriale e cambiamento di base. Spazi affini tridimensionali, piani, rette, riferimenti cartesiani, coseni direttori.

Lezioni 8–11 (1 ottobre 2008)

A. Curve nello spazio affine: curve regolari, vettore tangente, ascissa curviline, versore tangente. Curve rettilinee, curvatura, raggio di curvatura, versore normale principale. Curva piana, curva sghemba, piano osculatore e sua interpretazione geometrica. Versore binormale, triedro principale, torsione e sua interpretazione geometrica, formule di Frenet.

Lezioni 12–14 (3 ottobre 2008)

B. Osservatore, posizione, moto, moti componenti, traiettoria, orbita, velocità, accelerazione, legge oraria, rappresentazione intrinseca. Classificazione: moto rettilineo, moto piano, moto circolare, moto uniforme, moto uniformemente accelerato, moto vario. Esempio: moto armonico semplice, figure di Lissajous.

Lezioni 15–18 (8 ottobre 2008)

B. Atlante, carta, coordinate curvilinee, coordinate cilindriche, coordinate polari, rappresentazione cilindrica del moto, rappresentazione polare del moto. Moto piano, moto centrale, velocità areolare nei moti piani, formula di Binet, traiettoria nel caso kepleriano. studio dell'orbita della Terra nel moto di rivoluzione attorno al Sole, leggi di Keplero.

Lezioni 19–21 (10 ottobre 2008)

B. Studio dell'orbita della Terra nel moto di rivoluzione attorno al Sole, leggi di Keplero.

Lezioni 22–23 (15 ottobre 2008)

C. Trasformazioni di coordinate, regioni invarianti, trasformazione di traslazione, trasformazione di rotazione, non commutatività delle rotazioni e non abelianità del gruppo $SO(3)$, asse di una rotazione e Teorema di Eulero.

Lezioni 24–25 (15 ottobre 2008)

Non svolte per sospensione decretata dal Preside della Facoltà.

Lezioni 26–28 (17 ottobre 2008)

C. Osservatore mobile, moto traslatorio, trasformazioni di Galileo, moto sferico, moto rotatorio. Cinematica galileana, tempo assoluto, moto assoluto e moto relativo, moto di trascinamento, elemento solidale, moto di un pianeta rispetto al Sole e rispetto alla Terra. Teorema del moto relativo, velocità di trascinamento; teorema di Coriolis, accelerazione di trascinamento e accelerazione di Coriolis. Velocità angolare di trascinamento.

Lezioni 29–32 (22 ottobre 2008)

C. Velocità di trascinamento, accelerazione di trascinamento e accelerazione di Coriolis in termini della velocità angolare, proprietà della velocità angolare, vettori solidali. Legge di composizione di velocità angolari.

D. Sistemi di elementi, moto, moti componenti, configurazione. Moti rigido, osservatore solidale, sistemi rigidi, rappresentazione cartesiana del moto, gradi di libertà, velocità angolare.

Lezioni 33–35 (24 ottobre 2008)

Non svolte per sospensione decretata dal Rettore.

Lezioni 36–39 (28 ottobre 2008)

Non svolte per manifestazione.

Lezioni 40–42 (31 ottobre 2008)

D. Angoli di Eulero, matrice del cambiamento di base, velocità angolare. Parametri di Cayley–Klein e parametri di Eulero. Angoli di Cardano, matrice del cambiamento di base, velocità angolare. Cinematica dei sistemi di corpi rigidi. Moti rigidi particolari: moto traslatorio, moto sferico e moto rotatorio.

Lezioni 43–46 (5 novembre 2008)

D. Esempi di studio della cinematica dei moti rigidi: moto di due sbarrette nel piano con un estremo coincidente, moto in un piano di un disco a contatto con una circonferenza.

Atto di moto rigido: definizione, formula fondamentale della cinematica rigida, trinomio invariante.

Lezioni 47–49 (7 novembre 2008)

D. Atto di moto rigido: classificazione, asse istantaneo di rotazione, teorema di Mozzi, asse di Mozzi. Moti di contatto: velocità di strisciamento, moto di strisciamento e moto di imperniamento. Moto cicloidale, moto epicicloidale e moto ipocicloidale. Moti rigidi piani: centro di istantanea rotazione, polare fissa e polare mobile, ellissografo.

Lezioni 50–52 (12 novembre 2008)

E. Leggi della meccanica: principio di relatività, sistemi di riferimento inerziali, legge di Newton, massa e forza, principio di determinismo di Newton, teorema di Cauchy per le equazioni differenziali ordinarie, sistema isolato e non isolato, legge di azione e reazione. Equazioni del moto rispetto a osservatori non inerziali, forze apparenti, forza di trascinamento, forza centrifuga, forza di Coriolis.

Lezione 53 (12 novembre 2008)

Non svolta per sospensione della didattica decretata dal Preside.

Lezioni 54–56 (14 novembre 2008)

Non svolte per agitazioni.

Lezioni 57–60 (19 novembre 2008)

E. Vincoli di posizione reonomi e scleronomi; sistema rigido come sistema con vincolo di posizione. Sistema soggetto a vincolo olonomo, gradi di libertà, coordinate lagrangiane essenziali, equazioni di vincolo, spostamento possibile, spostamento effettivo e spostamento virtuale. Vincolo unilaterale, configurazione ordinaria e di confine, spostamento possibile e virtuale. Vincolo di mobilità, vincolo anolonomo, spostamento possibile e virtuale, condizione sulle velocità lagrangiane, vincolo anolonomo non integrabile: rotolamento senza strisciamento del disco e rotolamento senza strisciamento della sfera poggiata su un piano. Principio delle reazioni vincolari.

Lezioni 61–63 (21 novembre 2008)

E. Modello di vincolo: lavoro elementare, lavoro elementare virtuale, vincolo ideale, vincolo di appoggio, legge di Coulomb–Morin, vincolo di assenza di strisciamento. Spostamento virtuale di un sistema rigido, vincolo di giunto ideale, vincolo di cerniera ideale e vincolo di collare cilindrico ideale.

Lezioni 64–67 (26 novembre 2008)

E. Dinamica e statica dei sistemi di elementi, configurazione di equilibrio. Dinamica dell'elemento: elemento libero sulla superficie terrestre, forza peso, caduta del grave e deviazione verso oriente, elemento vincolato a una guida curvilinea, pendolo semplice e pendolo cicloidale, elemento vincolato a una superficie scabra, piano inclinato scabro. Centro di massa di un sistema, centro di massa di un corpo rigido, proprietà di ubicazione.

Lezioni 68–70 (28 novembre 2008)

E. Equazioni globali, osservatore del centro di massa, moto assoluto e moto relativo al

centro di massa, teorema di K oenig. Sollecitazione conservativa, teorema del lavoro e teorema di conservazione dell'energia meccanica. Esempi: sollecitazione peso, forza elastica e sollecitazione centrifuga.

F. Equazioni di Lagrange per i sistemi olonomi a vincoli perfetti: prima forma o principio di d'Alembert, seconda forma. Equazioni di Lagrange per sistemi olonomi sottoposti a sollecitazione attiva conservativa. Momenti coniugati, variabile cicliche e leggi di conservazione.

Lezioni 71–74 (3 dicembre 2008)

F. Applicazioni del formalismo lagrangiano per lo studio di moti relativi a riferimenti inerziali e non inerziali. Calcolo delle reazioni vincolari. Statica dei sistemi olonomi, Teorema di Lagrange–Dirichelet (senza dimostrazione) e Teorema di Liapunov (senza dimostrazione). Applicazione del formalismo lagrangiano a sistemi olonomi con componenti rigide: calcolo diretto dell'energia cinetica.

Lezioni 75–77 (5 dicembre 2008)

F. Applicazione del formalismo lagrangiano a sistemi olonomi con componenti rigide: tensore d'inerzia, ellissoide d'inerzia, tensore principale d'inerzia, tensore centrale d'inerzia, teorema di Huygens–Steiner, espressione del momento totale della quantit  di moto, espressione dell'energia cinetica di un moto sferico.

Lezioni 78–80 (10 dicembre 2008)

F. Esempi di analisi del moto di sistemi con componenti rigide mediante l'utilizzo delle equazioni di Lagrange; analisi della stabilit  delle configurazioni di equilibrio. Il problema del rotolamento senza strisciamento; il problema del bpendolo.

G. Equazioni cardinali della dinamica rigida e loro sufficienza per la descrizione dei moti del sistema libero; equazioni di Eulero. Equazioni cardinali della statica rigida.

Lezione 81 (10 dicembre 2008)

Non svolta per sospensione decretata dal Preside della Facolt .

Lezioni 82–84 (12 dicembre 2008)

G. Sollecitazioni equivalenti, esempio della sollecitazione peso e di quella centrifuga. Corpo rigido libero e vincolato. Equazioni cardinali della dinamica e della statica per il corpo rigido vincolato.

Lezioni 85–88 (17 dicembre 2008)

G. Moto sferico e precessioni. Ellissoide di inerzia e propriet . Moti alla Poincot, conservazione del momento totale della quantit  di moto, conservazione dell'energia cinetica, teorema di Poincot, rotazioni permanenti, analisi grafica dei moti alla Poincot, casi simmetrici, stabilit  delle rotazioni permanenti.

Lezioni 89–91 (19 dicembre 2008)

G. Corpo rigido vincolato, corpo rigido appoggiato, rotolamento senza strisciamento di un disco in un piano verticale e di una sfera su un piano. Bilanciamento statico e dinamico.

Testi consigliati

- [1] P. Benvenuti, G. Maschio, “Appunti delle Lezioni di Meccanica Razionale.” Edizioni Kappa, 2000, Roma.
- [2] P. Benvenuti, G. Maschio, “Esercizi di Meccanica Razionale¹.” Edizioni Kappa, 2000, Roma.
- [3] M. Lo Schiavo, “Appunti di Meccanica Razionale.”
- [4] E. Olivieri, “Appunti di Meccanica Razionale.” UniTor, 1991, Roma.

Testi suggeriti per eventuali approfondimenti

- [5] V.I. Arnold, “Metodi Matematici della Meccanica Classica.” Editori Riuniti, 1986.
- [6] A. Bichara, F. Dell’Isola, “Elementi di Algebra Tensoriale con Applicazioni alla Meccanica dei Solidi.” Società Editrice Esculapio, 2005, Bologna.
- [7] W.E. Deskins, “Abstract Algebra.” The MacMillian Company, 1964, New York.
- [8] H. Goldstein, C. Poole, J. Safko, “Meccanica Classica.” Zanichelli, 2005, Bologna.
- [9] L. Landau, E. Lifchitz, “Meccanica,” tomo 1 della collezione “Fisica Teorica.” Mir, 1964, Mosca.
- [10] T. Levi-Civita, U. Amaldi, “Lezioni di Meccanica Razionale.” Zanichelli, 1950, Bologna.
- [11] J.R. Taylor, “Meccanica Classica.” Zanichelli, 2006, Bologna.

¹Gli esercizi dei Capitoli 8–10 sono pressoché tutti svolti con i metodi della Meccanica analitica (lagrangiana), lo studente può affrontarli anche usando le equazioni cardinali della dinamica dei sistemi.