



## UNIVERSITÀ DI PISA FISICA GENERALE I E LABORATORIO

MONICA VERDUCCI

Anno accademico

2019/20

CdS

CHIMICA PER L'INDUSTRIA E  
L'AMBIENTE

Codice

006BB

CFU

9

Moduli	Settore/i	Tipo	Ore	Docente/i
FISICA GENERALE I E LABORATORIO	FIS/01	LEZIONI	90	MONICA VERDUCCI

### Programma (contenuti dell'insegnamento)

Programma dettagliato del corso

Mar 24/09/2019 11:30-13:30 (2:0 h) lezione: Presentazione del corso: programma, obiettivi, bibliografia. Leggi fisiche, definizione di grandezza. Dimensioni, unita' di misura [sistema MKS] e calcolo dimensionale.

Gio 26/09/2019 09:30-11:30 (2:0 h) lezione: Vettori. Definizione di vettori. Significato geometrico e rappresentazione cartesiana. Modulo di un vettore. Prodotto per scalare. Prodotto vettoriale. Somma e differenza. Definizione dei versori, versori  $i, j, k$ . Prodotto scalare. Esercizi con vettori: vettori ortogonali, angolo tra due vettori, modulo quadrato della somma di due vettori, scrittura in componenti con  $i, j, k$ , proiezione di un vettore Lungo una direzione. Versore ortogonale a vettore dato sul piano.

Mar 01/10/2019 11:30-13:30 (2:0 h) Esercizi sull'algebra vettoriale. Definizione di sistema di riferimento. Cinematica del punto materiale: vettore posizione, legge oraria, traiettoria. Ascissa curvilinea, spostamento, velocita' scalare media e velocita' vettoriale media. Definizione del vettore spostamento, velocita' vettoriale media e vettore velocita'. Proprieta' geometriche: tangenza alla traiettoria e relazione del modulo con velocita' scalare.

Gio 03/10/2019 11:30-13:30 (2:0 h) lezione: Dalla velocita' alla legge oraria. Introduzione del concetto di derivata (coefficiente della retta tangente) e integrale (area della curva). Necessita' della posizione iniziale per la risoluzione dell'integrale. Definizione di accelerazione vettoriale media e istantanea. Esempi di moti con velocita' costante in modulo ma accelerazione non nulla. Accelerazione scalare media ed istantanea. Integrazione dell'accelerazione. Necessita' di due condizioni iniziali per ricavare legge oraria. Casi particolari di moto rettilineo: moto uniforme ed uniformemente accelerato, si ricavano le leggi orarie a partire dalla posizione (derivata) che dall'accelerazione (integrale).

Mar 08/10/2019 11:30-13:30 (2:0 h) esercitazione: Esercizi di cinematica del punto materiale. Esempi di moto vario, calcolo di spostamenti, velocita' ed accelerazione scalare media. Moti rettilinei uniformi e uniformemente accelerati.

Gio 10/10/2019 11:30-13:30 (2:0 h) esercitazione: Relazione tra spazio percorso, accelerazione scalare e variazione del modulo quadro della velocita' in un moto uniformemente accelerato. Data una legge oraria ricavare le leggi orarie della velocita' e accelerazione e viceversa. Esercizi di ripasso sui vettori.

Mar 15/10/2019 11:30-13:30 (2:0 h) CANCELLATA

Gio 17/10/2019 11:30-13:30 (2:0 h) lezione: Moto in piu' dimensioni: caso bidimensionale. Derivata di un vettore, derivata del prodotto scalare fra due vettori. Caratteristiche generali di un moto uniformemente accelerato. Legge oraria, equazione della traiettoria parabolica. Caso del moto dei gravi alla superficie terrestre. Calcolo della gittata e delle coordinate del vertice per il lancio di un grave da terra. Invarianza del modulo della velocita' per il transito ad una stessa quota.

Mar 22/10/2019 11:30-13:30 (2:0 h) lezione: Moto circolare uniforme. Dalla velocita' angolare in funzione del tempo al numero di giri effettuati. Modulo dell'accelerazione, uguaglianza tra le componenti radiale e tangenziale. Derivata del vettore velocita', accelerazione tangenziale e accelerazione centripeta. Versori radiale e tangenziale. Moto circolare uniforme: legge oraria e vettore accelerazione. Accelerazione centripeta. Velocita' e accelerazione in coordinate polari. Accelerazione centripeta e tangenziale nel moto circolare generico. Relazione tra accelerazione tangenziale e accelerazione angolare / scalare. Legge oraria del moto armonico. Moto armonico come proiezione di un moto circolare uniforme. Significato di ampiezza, fase e pulsazione omega. Legge di Poisson, derivata di un vettore di modulo costante.

Gio 24/10/2019 11:30-13:30 (2:0 h) Lezione: Moto Circolare, ripasso ed esercizi. Dalle trasformazioni di Galileo Galilei si ricavano le espressioni della velocita' e delle accelerazioni nel caso di un sistema di moto qualunque [approfondimento su testi alternativi]. Concetto di accelerazione di trascinamento e di accelerazione di Coriolis. Esercizi su sistemi di riferimento di moto circolare. Esercizi su cambiamenti di sistema di riferimento nel caso puramente traslatorio con accelerazione di trascinamento nulla.

Mar 29/10/2019 11:30-13:30 (2:0 h) Concetto di equazioni del moto, natura vettoriale delle forze e dell'equazione  $F=ma$ . lezione: Introduzione alla dinamica del punto materiale. Le tre leggi della dinamica. Concetto di massa, unita' di misura. Forza peso, forza di gravitazione universale e loro relazione. Teorema di Gauss e definizione di campo di forze [Approfondimento].

Gio 31/10/2019 11:30-13:30 (2:0 h) Conseguenze dei principi della Dinamica. Secondo principio per un punto materiale soggetto all'azione simultanea di piu' forze. Condizione di equilibrio. Forze di contatto; reazioni vincolari di superfici lisce, tensione di un filo inestensibile non massivo. Vincoli uni-lateri e bi-lateri. Esercizi su reazioni vincolari, tensione di una corda, macchina di Atwood, carrucole.



## UNIVERSITÀ DI PISA

Mar 05/11/2019 11:30-13:30 (2:0 h) lezione: Forze di contatto, la forza di attrito. Attrito statico, dinamico. Resistenza del mezzo. Soluzione di equazioni differenziali del primo ordine: separazione di variabili applicate all'equazione dinamica nel caso della resistenza del mezzo. Esercizi su sistemi di corpi puntiformi collegati da filo inestensibile non massivo.

Gio 07/11/2019 09:30-11:30 (2:0 h) lezione: CANCELLATA

Mar 12/11/2019 11:30-13:30 (2:0 h) Esercizi vari di dinamica. Esercizio sul piano inclinato: in assenza di attrito, in presenza di attrito statico e in presenza di attrito dinamico. Confronti tra le tre soluzioni, direzione attrito dinamico e statico, relazione (diseguaglianza) tra  $\mu_s$  e  $\mu_d$ . Esercizi combinati di piano inclinato e carrucole, soluzione completa del moto, calcolo della velocità finale, del tempo totale di moto.

Gio 14/11/2019 11:30-13:30 (2:0 h) Forza di richiamo di una molla ideale e legge di Hooke. Legge oraria di un punto come soluzione dell'equazione del moto. Condizioni iniziali. Equazioni differenziali lineari, proprietà. Forza elastica e legge di Hooke. Equazione dell'oscillatore armonico, soluzione generale. Determinazione dell'ampiezza e della fase iniziale di un oscillatore armonico per diverse condizioni iniziali. Soluzione dell'oscillatore armonico forzato.

Mar 19/11/2019 11:30-13:30 (2:0 h) Pendolo Semplice: soluzione del problema generale, caso di piccole oscillazioni. Esempi di oscillatore soggetto all'azione simultanea di più forze elastiche (molle ciascuna con un'estremità fissata a pareti verticali a distanza fissa, molle e fili inestensibili, molle e macchina di Atwood); equilibrio, pulsazione ed ampiezza di oscillazione.

Gio 21/11/2019 11:30-13:30 (2:0 h) lezione. Sistemi di riferimento in moto relativo. Sistema di quiete di un punto materiale. Relazione tra i vettori posizione. Derivate dei versori e derivate dei vettori di modulo costante. Trasformazione delle velocità nel caso di pura traslazione e di rototraslazione. Relazione tra le accelerazioni nel caso traslatorio. Sistemi inerziali e non-inerziali. Validità della legge di Newton. Accelerazione di trascinamento e di Coriolis. Esercizi vari: moto di un pendolo in un vagone accelerato, piano inclinato posto su un piano in moto accelerato. Moto del proiettile descritto in un sistema di riferimento in moto (rettilineo uniforme e uniformemente accelerato).

Mar 26/11/2019 11:30-13:30 (2:0 h) lezione: Lavoro di una forza: definizione generale, proprietà. Caso particolare per un campo di forza costante. Forze motrici, resistenti e deviatrici: esempi. Variazione di quota di un grave e lavoro della forza peso. Analogo calcolo per il lavoro della forza elastica e dell'attrito dinamico. Proprietà del lavoro compiuto da forze posizionali. Caso delle forze non costanti: soluzione dell'integrale per il calcolo del lavoro.

Gio 28/11/2019 11:30-13:30 (2:0 h) lezione: Potenza, impulso di una forza ed energia cinetica. Definizione di quantità di moto, teorema della quantità di moto. Teorema delle forze vive in forma differenziale. Teorema delle forze vive in versione integrale. Applicazioni del teorema delle forze vive. Calcolo del lavoro per varie forze: gravitazionale, elastica. Esempi vari: spazio di arresto, velocità al termine di un piano inclinato con e senza attrito.

Mar 03/12/2019 11:30-13:30 (2:0 h) Condizione di indipendenza del lavoro dalla traiettoria seguita. Definizione di forze conservative, definizione. Equivalenza tra indipendenza del lavoro di una forza conservativa dalla traiettoria e valore nullo della sua circuitazione. Verifica della natura conservativa di alcuni esempi di forze già analizzati: peso (più in generale campo di forza costante), forza elastica (caso unidimensionale). Definizione di campo conservativo, teorema di Schwartz sulle derivate miste delle componenti dei campi. Definizione della funzione potenziale ed energia potenziale.

Gio 05/12/2019 11:30-13:30 (2:0 h) Esercizi vari su conservazione energia: piano inclinato con carrucola. Calcolo della velocità finale attraverso l'uso dell'energia cinetica. Esercizio sulla molla, calcolo dell'energia totale e della velocità massima. Massima elongazione e periodo di oscillazione. Ripasso della definizione della funzione potenziale e dell'energia potenziale. Conservazione dell'energia totale in casi noti.

Mar 10/12/2019 11:30-13:30 (2:0 h) esercitazione: Esercizi vari su conservazione energia. Esercizi di ripasso sul moto armonico, sui piani inclinati con e senza attrito e sulla molla. Esercizi di dinamica con presenza di più forze applicate al corpo puntiforme posto su piani di inclinazione diversa, soluzione completa con e senza attrito. Esercizio sul pendolo. Esercizi su pendolo e piano inclinato posti su sistemi in moto accelerato. Moti relativi e forze apparenti.

Ven 20/12/2019 11:30-13:30 (2:0 h) esercitazione: Esercizi di riepilogo su tutto il programma del primo semestre. Esercizi di riepilogo sui corpi puntiformi in presenza di vincoli e forze varie. Soluzione completa di alcuni casi particolari. Impostazione delle equazioni di soluzione per altri, in particolare l'impostazione del calcolo della risultante delle forze presenti, la sua proiezione sugli assi x e y e la seguente soluzione del sistema ottenuto.

Mer 19/02/2020 10:30-13:30 (3:0 h) Correzione della prima prova in itinere. Ripasso generale del programma del primo semestre. Tre principi della dinamica, conservazione dell'energia meccanica, Energia potenziale e energia cinetica. Studio della funzione potenziale, massimi e minimi, punti di equilibrio stabile e instabile.

Mer 26/02/2020 10:30-13:30 (3:0 h) Dinamica dei sistemi di punti materiali. Forze interne ed esterne, conseguenze del terzo Principio della Dinamica. Centro di massa di un sistema e sua interpretazione geometrica. Velocità ed accelerazione del centro di massa. Quantità di moto totale di un sistema. Prima equazione cardinale per un sistema di punti materiali. Calcolo del centro di massa per alcune distribuzioni di punti, e per un filo omogeneo. Energia cinetica per un sistema di punti e il teorema di Koenig.

Mer 04/03/2020 10:30-13:30 (3:0 h) Conseguenza della prima equazione cardinale per sistemi di punti materiali. Conservazione della quantità di moto e del moto del centro di massa per sistemi isolati. Dimostrazione del teorema di Koenig. Urti fra corpi: urti elastici e profondamente anelastici, casi di urti centrali. Esercizi su urti centrali tra due punti materiali. Descrizione del moto nei sistemi di riferimento del laboratorio e del centro di massa. Caso di urto perfettamente anelastico,

Mer 11/03/2020 10:30-13:30 (3:0 h) Riepilogo sul prodotto vettoriale tra vettori. Definizione, proprietà. Differenze con il prodotto scalare. Regola della mano destra, terna di assi cartesiani destrorsa, prodotto vettoriale tra versori. Importanza del prodotto vettoriale nella dinamica rotazionale. Richiamo del teorema dell'energia cinetica puntiforme, estensione al caso di un sistema di N punti, il teorema di Koenig. Caso del corpo rigido. Momento di una forza.

Mer 18/03/2020 10:30-13:30 (3:0 h) Condizione di equilibrio per un corpo rigido. Definizione di Baricentro. Definizione di leva: tre generi di leve. Definizione di momento angolare e momento di una forza. Considerazione sulla relazione fra momento nullo e momento della quantità di moto costante. Momento di una forza in presenza di polo in moto uniforme. Esercizi vari sull'equilibrio di corpi rigidi utilizzando le due equazioni cardinali: scala appoggiata al muro.

Mer 25/03/2020 10:30-13:30 (3:0 h) Riepilogo sul momento della quantità di moto. Calcolo del momento totale per un insieme di N punti, il momento delle forze interne è nullo, l'equazione cardinale della dinamica. Legge di conservazione del momento angolare. Momento angolare calcolato rispetto al centro di massa, indipendenza dalla velocità del centro di massa, dimostrazione. Descrizione del moto di rotazione di un corpo rigido, velocità angolare e accelerazione angolare. Coordinate cartesiane e coordinate polari. Equazione del moto. Energia cinetica di rotazione, definizione del momento di inerzia. Teorema di Huygens-Steiner, dimostrazione. Calcolo dei momenti di inerzia per solidi di geometria nota: disco, disco cavo, sfera.



## UNIVERSITÀ DI PISA

---

Mer 01/04/2019 10:30-13:30 (3:0 h) Considerazioni sul momento angolare. Momento angolare parallelo e ortogonale all'asse di rotazione: significato e impatto sul moto del corpo rigido. Asse libero di rotazione. Energia cinetica di rotazione. Sbarretta in rotazione su asse con inclinazione diversa: vettore momento angolare e le sue proiezioni.

Mer 22/04/2019 10:30-13:30 (3:0 h) lezione: Riepilogo di tutta la parte sulle equazioni cardinali del corpo rigido, Il momento angolare e la sua derivata. Energia cinetica totale, energia cinetica rotazionale. Momento di una forza rispetto ad un polo fisso o in moto, caso particolare del centro di massa come polo. Moto di rotolamento, descrizione del moto roto-traslazionale, puro rotolamento: energia cinetica totale. Attrito volvente.

Mer 29/04/2019 10:30-13:30 (3:0 h) lezione: Forze Centrali e Teorema di Gauss. Prima, seconda e terza legge di Keplero. Relazione tra momento angolare e velocità angolare per un moto piano di un punto materiale. Velocità areolare. Conservazione momento angolare in campi centrali, conseguenze. Statica dei Fluidi. Concetto di Pressione. Legge di Stevino. Legge di Pascal. Esercizi di statica dei fluidi.

Mer 06/05/2020 10:30-13:30 (3:0 h) lezione: Dinamica dei Fluidi. Concetto di flusso e portata. Fluido ideale. Teorema di Bernoulli. Esercizi sui fluidi: statica e dinamica.

Mer 13/05/2020 10:30-13:30 (3:0 h) lezione: Statistica. Media di un campione, varianza e deviazione standard. Incertezza sulla media. Media pesata nel caso di misure con errori diversi. Confronto tra misure e predizioni,  $\chi^2$ , best fit con minimizzazione degli scarti o del  $\chi^2$ .  $\chi^2$  di un fit e concetto di gradi di libertà.

Mer 20/05/2020 10:30-13:30 (3:0 h) lezione: Esercizi di preparazione agli scritti. Riepilogo su urti unidimensionale e bidimensionale. Calcolo dei momenti di forze, momento di inerzia e accelerazione angolare. Problemi sulle leggi di Keplero e sulla legge di gravitazione universale.

Ven 22/05/2020 10:30-12:30 (2:0 h) lezione: Esercizi di preparazione agli scritti. Simulazione di un'esperienza di laboratorio: misura dinamica e statica della molla. Trattazione dei dati ottenuti, fit lineare sui dati: misura di  $k$  e di  $g$ .

### Bibliografia e materiale didattico

Fisica I - Ferrari Luci Mariani Pelissetto - Idelson Gnocchi

Fisica I - Rosati et al. Testo ed Esercizi

Elementi di Fisica Meccanica - Mazzoldi Nigro Voci (Approfondimento)

### Modalità d'esame

Esame Scritto (si intende superato con un voto uguale o maggiore di 18/30) a seguire Esame Orale.

Durante il corso sono previste due prove in itinere, superate entrambe si accede direttamente alla prova orale.

### Pagina web del corso

<https://polo3.elearning.unipi.it/course/view.php?id=2777>

Ultimo aggiornamento 23/06/2020 16:04