

Anno Scolastico 2023-2024

Classe: 3 Sezione A

Materia: FISICA

Docente: Dario Topini

## PROGRAMMA SVOLTO

**LIBRO IN ADOZIONE:** *La fisica di Cutnell e Johnson*, volume 1, J. Cutnell, K. Johnson, D. Young, S. Stadler, Zanichelli

Nel secondo biennio il percorso didattico darà maggior rilievo all'impianto teorico (le leggi della fisica) e alla sintesi formale (strumenti e modelli matematici), con l'obiettivo di formulare e risolvere problemi più impegnativi, tratti anche dall'esperienza quotidiana, sottolineando la natura quantitativa e predittiva delle leggi fisiche. Inoltre, l'attività sperimentale consentirà allo studente di discutere e costruire concetti, progettare e condurre osservazioni e misure, confrontare esperimenti e teorie.

L'approfondimento del principio di conservazione dell'energia meccanica e l'affronto degli altri principi di conservazione, permetteranno allo studente di rileggere i fenomeni meccanici mediante grandezze diverse e di estenderne lo studio ai sistemi di corpi. Con lo studio della gravitazione, dalle leggi di Keplero alla sintesi newtoniana, lo studente approfondirà, anche in rapporto con la storia e la filosofia, il dibattito del XVI e XVII secolo sui sistemi cosmologici.

Lo studio dei fenomeni termici definirà, da un punto di vista macroscopico, le grandezze temperatura e quantità di calore scambiato introducendo il concetto di equilibrio termico e trattando i passaggi di stato. Si completerà lo studio dei fenomeni termici con le leggi dei gas, familiarizzando con la semplificazione concettuale del gas perfetto e con la relativa teoria cinetica; lo studente potrà così vedere come il paradigma newtoniano sia in grado di connettere l'ambito microscopico a quello macroscopico. Lo studio dei principi della termodinamica permetterà allo studente di generalizzare la legge di conservazione dell'energia e di comprendere i limiti intrinseci alle trasformazioni tra forme di energia, anche nelle loro implicazioni tecnologiche, in termini quantitativi e

matematicamente formalizzati.

## TRIMESTRE

### PARTE A: I PRINCIPI DI CONSERVAZIONE

#### 1. Cinematica, dinamica, lavoro (ripasso)

- Moto rettilineo uniforme e rettilineo uniformemente accelerato
- Moto parabolico e moto circolare
- Dinamica del punto materiale: le 3 leggi di Newton
- Energia meccanica e conservazione

#### 2. Impulso e quantità di moto

- La quantità di moto
- La conservazione della quantità di moto nei sistemi isolati
- L'impulso di una forza e il teorema dell'impulso
- Forma generale della seconda legge della dinamica
- Gli urti in una dimensione
- Gli urti in due dimensioni
- Centro di massa e baricentro
- Momento statico e teorema di Varignon
- Moto del centro di massa

*Laboratorio: urti elastici ed anelastici sulla rotaia Pasco*

#### 3. Dalla traslazione alla rotazione: statica e dinamica del corpo rigido

- Il modello del corpo rigido e i gradi di libertà nel piano e nello spazio
- I corpi rigidi e il moto di rotazione
- Relazioni tra grandezze angolari e tangenziali
- Il momento di una forza



- Posizione della risultante delle forze su un corpo rigido applicando il teorema di Varignon
- L'equilibrio del corpo rigido
- Il momento d'inerzia e il teorema di Huygens-Steiner
- La dinamica rotatoria di un corpo rigido e la seconda legge della dinamica per un corpo in rotazione
- Energia cinetica per i moti rotatori (e rototraslatori)
- Il momento angolare e la sua conservazione

*Laboratorio: sgabello girevole e ruota giroscopica*

*Laboratorio: sfera di Hoberman*

*Approfondimento: le simmetrie della natura e il teorema di Noether*

## PENTAMESTRE

### PARTE B: LA GRAVITAZIONE UNIVERSALE

#### 4. La gravitazione

- I modelli del cosmo
- Le leggi di Keplero
- La legge di gravitazione universale
- Massa inerziale e massa gravitazionale
- I satelliti in orbita circolare
- Il concetto di campo in fisica
- Il campo gravitazionale
- L'energia potenziale gravitazionale
- La conservazione dell'energia meccanica in un campo gravitazionale
- La velocità di fuga

*Approfondimento: la "foto" del buco nero al centro della galassia M87*

## PARTE C: LA TERMODINAMICA

### 5. Termologia

- Termometri e temperatura
- La dilatazione termica (lineare e volumica)
- Il calore
- Capacità termica e calore specifico
- L'equazione fondamentale della calorimetria
- L'equilibrio termico e la temperatura di equilibrio
- Il principio zero della termodinamica
- Cenni sulla trasmissione del calore
- Conduzione e legge di Fourier
- Irraggiamento e legge di Stefan-Boltzmann
- Passaggi di stato e calore latente

*Laboratorio: dilatazione lineare e volumica*

*Laboratorio: equilibrio termico nel calorimetro, calcolo di calori specifici*

### 6. I gas e la teoria microscopica della materia

- Il gas perfetto
- Le leggi di Boyle e Gay-Lussac
- L'equazione di stato dei gas perfetti
- Le trasformazioni termodinamiche: isobara, isocora, isoterma e adiabatica
- Il piano di Clapeyron
- Relazioni tra le grandezze in una adiabatica
- Cenno ai gas reali e all'equazione di van der Waals
- La teoria cinetica dei gas
- La pressione dal punto di vista microscopico
- La temperatura dal punto di vista microscopico
- La velocità quadratica media

- La distribuzione maxwelliana delle velocità

## 7. Principi della termodinamica

- L'equivalenza tra calore e lavoro
- L'energia interna
- Il primo principio della termodinamica
- Le trasformazioni termodinamiche
- Il lavoro nelle trasformazioni termodinamiche
- Il calore nelle trasformazioni termodinamiche e relazione di Mayer
- Trasformazioni cicliche e macchine termiche
- Il rendimento delle macchine termiche
- Il secondo principio della termodinamica negli enunciati di Kelvin e Clausius e loro equivalenza
- Trasformazioni reversibili
- Macchine termiche reversibili e rendimento massimo (teorema di Carnot)
- Il rendimento delle macchine reversibili (ciclo di Carnot)
- Cenno al terzo principio della termodinamica (enunciato di Nernst)
- La disuguaglianza di Clausius
- L'entropia e il secondo principio della termodinamica (enunciato dell'entropia)

## ESERCITAZIONI PER LE VACANZE ESTIVE

### Classe 3A

Carissimo studente,

Per iniziare al meglio il prossimo anno ecco una serie di esercizi per riprendere gli argomenti svolti quest'anno. Le esercitazioni da svolgere durante le vacanze servono a tenere in esercizio la mente sui concetti appresi durante l'anno scolastico appena concluso, una sorta di Brain Training. Il consiglio è di diluire il lavoro da fare nei mesi di vacanze in modo da non concentrarlo solo all'inizio o alla fine di questo periodo. Solo così facendo vi assicurerete un buon allenamento che dia il più possibile i suoi frutti nel tempo e renda i concetti acquisiti più duraturi. Ti chiedo di svolgerli con attenzione e da solo.

Ricordo, inoltre, che nei primi giorni di scuola a settembre verrà effettuato un test d'ingresso per verificare il livello generale di apprendimento raggiunto.

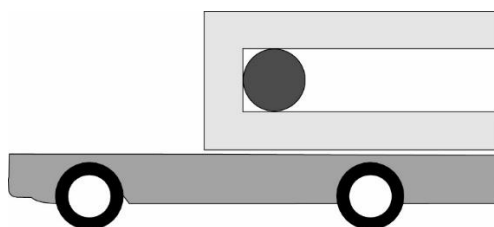
Gli esercizi riguarderanno tutto il programma analitico degli argomenti svolti.

Inoltre, leggi il libro "La realtà non è come ci appare" di Carlo Rovelli.

### ESERCIZI:

1. Su un carrello è montato un cannoncino a molla, che spara proiettili di 10 g. La massa totale del sistema carrello-cannoncino è 200 g. Un proiettile è accelerato per 0,2 s ed esce dalla bocca del cannoncino a 4 m/s.

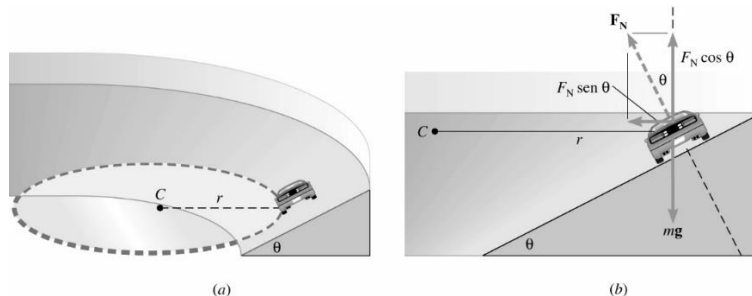
Calcola la velocità con cui si muove il sistema carrello-cannoncino, nell'ipotesi che gli attriti con le rotaie siano trascurabili.



2. Quando un'automobile percorre una curva circolare senza slittare, la forza centripeta è garantita dall'attrito degli pneumatici. Tuttavia, è possibile costruire una pista circolare di raggio  $r$  in cui un'automobile gira a una certa velocità  $v$  fissata anche se l'attrito fra pneumatici e asfalto è trascurabile: basta inclinare di un angolo  $\theta$  il profilo della strada come indicato in figura.



Dimostra che l'angolo  $\theta$  è legato alla velocità  $v$  dalla relazione  $\frac{\sin \theta}{\cos \theta} = \frac{v^2}{gr}$ .



3. Calcola il modulo della quantità di moto di una monoposto di Formula 1 di massa 780 kg quando sfreccia davanti ai box alla velocità di 310 km/h.
4. Un canotto è fermo, attraccato alla banchina di un porto turistico. Da terra viene lanciato un cocomero di 8,5 kg alla velocità di 1,9 m/s che viene afferrato dall'uomo a bordo. La massa totale del canotto e dell'uomo è 130 kg.

Calcola la velocità con la quale si muove inizialmente il canotto.

5. Un pallone di massa 0,45 kg, inizialmente in moto con una velocità di 1,2 m/s, riceve un impulso di 6,7 N · s in direzione del moto.

Calcola la velocità finale del pallone.

6. Un corpo di massa 1,2 kg si muove alla velocità di 3,2 m/s e urta in modo completamente anelastico con un altro corpo fermo di massa 2,1 kg.

Calcola la velocità finale dei due corpi.

7. Due corpi, con masse e velocità iniziali differenti, urtano frontalmente in modo elastico.

Determina la relazione che permette di ricavare le velocità finali dei due corpi in funzione della loro massa e della loro velocità iniziale.

8. La maniglia di una porta girevole dista 85 cm dall'asse attorno a cui la porta ruota. Calcola il modulo del momento che esercita rispetto all'asse di rotazione una forza di 35 N applicata sulla maniglia e diretta perpendicolarmente alla porta.
9. Su un'asta fulcrata al centro agiscono due forze concordi  $F_1 = 30 \text{ N}$  e  $F_2 = 40 \text{ N}$ , disposte perpendicolarmente all'asta. Il braccio della prima forza misura 33 cm e quello della seconda forza 26 cm: spiega perché l'asta non è in equilibrio.

Se si introduce una terza forza  $F_3 = 10 \text{ N}$ , dove bisogna farla agire per ottenere l'equilibrio?

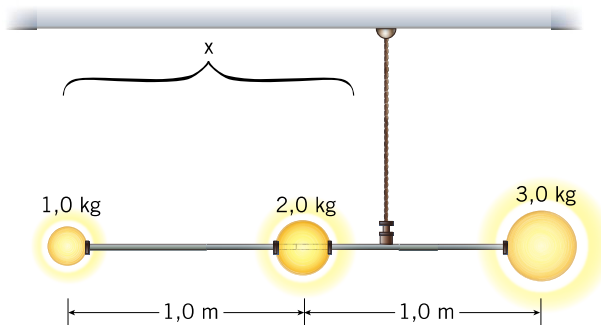


10. Flavia e Sofia giocano con l'altalena. Flavia ha una massa di  $42\text{ kg}$  ed è seduta a una distanza di  $1,5\text{ m}$  a sinistra dal fulcro dell'altalena. Per fare in modo che l'altalena rimanga ferma in posizione orizzontale Sofia si siede a una distanza di  $1,8\text{ m}$  a destra del fulcro.

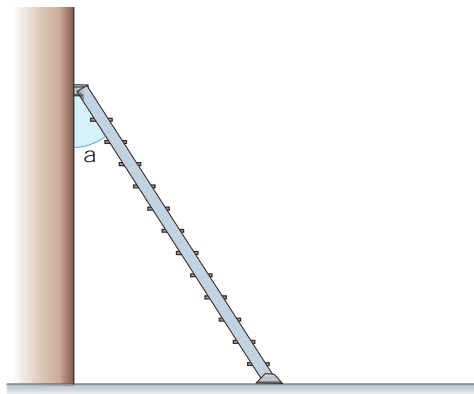
Determina la massa di Sofia.

11. Un lampadario è costituito da tre sferette di massa rispettivamente  $1,0\text{ kg}$ ,  $2,0\text{ kg}$ ,  $3,0\text{ kg}$  agganciate a una sbarretta di massa trascurabile, come in figura. La distanza tra due masse successive è  $1,0\text{ m}$ .

Determina a che distanza  $x$  dalla prima massa a sinistra deve essere agganciato il lampadario perché rimanga in equilibrio.



12. Una scala antincendio deve essere appoggiata a un muro. Il coefficiente di attrito statico tra scala e suolo è  $\mu_s = 0,45$ . Trascura l'attrito tra muro e scala.



- a. Determina il valore massimo dell'angolo  $\alpha$  che la scala può formare con il muro affinché non scivoli.
- b. Il valore di tale angolo dipende dalla massa della scala?
13. Un aeroplanino giocattolo di  $0,25\text{ kg}$  ruota, con moto circolare uniforme, con una velocità di  $2,9\text{ m/s}$  trattenuto da una corda lunga  $6,8\text{ m}$ .

Calcola il suo momento angolare.





14. Un corpo di 10 kg ruota con moto circolare uniforme a una velocità di 3,9 m/s. Il suo momento angolare è  $100 \text{ kg} \cdot \frac{\text{m}^2}{\text{s}}$ .

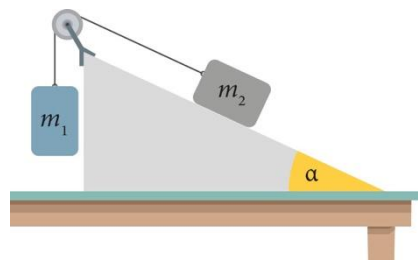
Calcola il raggio di curvatura della traiettoria

15. Un piccolo asteroide ruota con moto circolare uniforme attorno a un pianeta. A causa di una perturbazione il suo raggio di rotazione dimezza.

Determina di quanto aumenta la velocità dell'asteroide

16. Un cuneo di legno di angolo  $\alpha$  si può muovere senza attrito su un piano orizzontale. La massa  $m_1$  è connessa alla massa  $m_2$  da una corda e da una carrucola entrambe di massa trascurabile. Il coefficiente d'attrito statico fra il cuneo e la massa è  $\mu_s$ .

Determina il valore minimo e il valore massimo del rapporto  $\frac{m_1}{m_2}$  per il quale il sistema rimane fermo.



17. Una carrucola è formata da una ruota di bicicletta, privata dello pneumatico, che può essere approssimata con un anello di raggio  $r$ . La carrucola ha massa  $m$  ruota e attorno a un perno senza attrito. Una massa  $M$  è attaccata a una corda di massa trascurabile che scorre nella gola della carrucola. Scendendo, la massa aumenta la velocità angolare della carrucola.

Calcola il tempo necessario perché la carrucola raddoppi la sua velocità angolare iniziale  $\omega_0$ .

18. Due masse si attraggono gravitazionalmente da una distanza di 50 m.

Se le due masse vengono avvicinate di 25 m, come cambia la forza di attrazione fra esse?

19. Due lune ruotano attorno a una stella su orbite circolari con raggi uno triplo dell'altro.

Quale relazione esiste fra i loro periodi di rivoluzione?

20. Calcola l'energia potenziale gravitazionale che ha un corpo di massa 1,0 kg sulla superficie terrestre, ponendo uguale a zero l'energia potenziale delle due masse a distanza infinita tra loro.

21. Un pendolo è formato da una massa  $m$  vincolata da un'asta ed è montato su un carrello che può cadere senza attrito lungo due guide verticali. La massa viene spostata di un angolo  $\alpha$  dalla sua posizione d'equilibrio e lasciata andare. Quando la massa passa per il punto più basso, il carrello inizia la sua caduta libera.

A partire da quel momento, descrivi il moto della massa rispetto al carrello, trascurando gli attriti.

22. I satelliti militari sono collocati in orbite con un'altezza media da Terra di circa 500 km. A quelle altezze l'atmosfera terrestre è molto rarefatta (la pressione è inferiore a  $10^{-6}$  Pa) ma esercita comunque una forza d'attrito che, per quanto piccola, su tempi dell'ordine di qualche anno genera effetti non trascurabili.

Spiega che cosa accade a un satellite. In particolare, cerca di spiegare perché la sua velocità aumenta

23. Dimostra nel caso di orbita circolare che la conservazione della quantità di moto implica la seconda legge di Keplero.

24. Un recipiente contiene una certa quantità di gas perfetto alla temperatura di 280 K e alla pressione di 140 kPa.

Calcola la nuova pressione del gas alla temperatura di 330 K.

25. Una certa quantità di gas perfetto occupa un volume di  $0,800 \text{ m}^3$  quando la temperatura è  $20^\circ\text{C}$  e la pressione 105 kPa.

Calcola il volume occupato dal gas quando la pressione raddoppia e la temperatura assoluta aumenta del 25%.

26. Calcola l'energia cinetica media di una mole di un gas perfetto monoatomico alla temperatura di 310 K.

27. Calcola l'energia interna di un gas perfetto monoatomico formato da  $4,5 \times 10^{24}$  molecole alla temperatura di 350 K.

28. Un pallone di gomma di massa 5,0 g è riempito di azoto e immerso in un lago alla profondità di 100 m. Sapendo che il pallone rimane in una posizione di equilibrio, calcola la massa di azoto contenuta al suo interno. La temperatura dell'acqua è  $4^\circ\text{C}$  e la pressione atmosferica sulla superficie del lago è 101 kPa.

29. Una pentola vuota messa sul fornello aumenta la propria temperatura di  $33^\circ\text{C}$  quando assorbe  $1,2 \times 10^4 \text{ J}$  di energia.

Calcola la capacità termica della pentola.

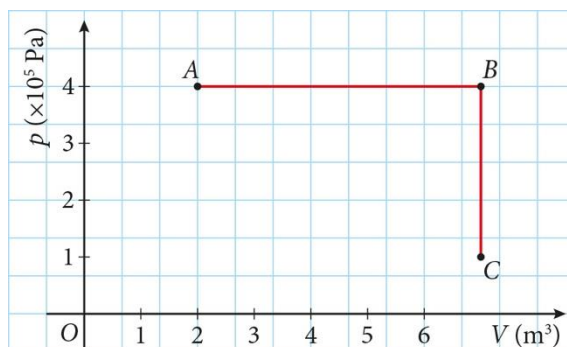
30. Un calorimetro ideale contiene 140 g di acqua alla temperatura di  $23,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Poi in esso vengono versati 100 g di acqua alla temperatura di  $61,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Calcola la temperatura di equilibrio a cui si porta il sistema.

31. Il calore latente di fusione dell'oro è  $6,6 \times 10^4\text{ J/kg}$

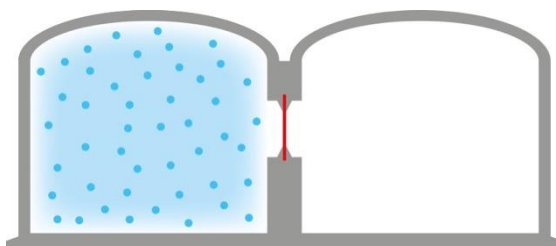
Calcola la massa di oro, già alla temperatura di fusione, che si liquefa quando vengono forniti 1800 J di energia.

32. Un sistema effettua prima la trasformazione  $AB$  e poi la trasformazione  $BC$  rappresentate nel diagramma



Calcola il lavoro fatto dal sistema nella trasformazione dallo stato  $A$  allo stato  $B$ .

33. Spiega come è possibile stimare la temperatura superficiale del Sole conoscendo la sua distanza, il suo raggio e il valore della costante solare.
34. Un contenitore con pareti isolanti è diviso in due parti uguali da un setto. In una metà è contenuto un gas perfetto a temperatura  $T$ , mentre nell'altra c'è il vuoto. Viene praticato un piccolo forellino nel setto, che consente il passaggio delle molecole del gas.



Stabilisci la temperatura del gas quando il sistema è all'equilibrio.

35. Una macchina termica assorbe in un ciclo una quantità di calore pari a  $4300 \text{ J}$  dalla sorgente calda e cede una quantità di calore pari a  $3,5 \times 10^3 \text{ J}$  alla sorgente fredda

Calcola il lavoro compiuto dalla macchina.

36. Una macchina termica assorbe in un ciclo una quantità di calore pari a  $1,2 \times 10^3 \text{ J}$  dalla sorgente calda e compie un lavoro di  $780 \text{ J}$ .

- Calcola la quantità di calore ceduta alla sorgente fredda.
- Determina il rendimento della macchina termica.

37. Il rendimento di una macchina di Carnot è del 32%. Essa preleva calore da una sorgente a  $750 \text{ K}$ .

Determina la temperatura della sorgente a temperatura minore.

38. Un gas è inizialmente nello stato  $A$ . Dopo aver assorbito in modo reversibile  $360 \text{ J}$  di calore da una sorgente a  $330 \text{ K}$ , il gas passa allo stato  $B$ .

Calcola la variazione  $S(B) - S(A)$ .

39. In un contenitore isolato si versa una certa quantità d'acqua a  $0^\circ\text{C}$  avente entropia  $0,6 \text{ J/K}$ . Si aggiunge all'acqua una certa massa di ghiaccio a  $0^\circ\text{C}$  avente entropia  $0,9 \text{ J/K}$

Calcola l'entropia totale del sistema acqua + ghiaccio.

40. Il principio di funzionamento di una centrale nucleare del tipo BWR è, in linea di principio, piuttosto semplice. L'energia liberata dalle reazioni di fissione nucleare scalda acqua pressurizzata, che bolle a  $320^\circ\text{C}$ . Il vapore aziona le turbine che generano elettricità e poi viene condensato in uno scambiatore di calore che funziona a  $30^\circ\text{C}$ . Per mantenere costante la temperatura di  $30^\circ\text{C}$ , lo scambiatore viene raffreddato da un flusso di acqua di  $1,8 \times 10^5 \text{ kg/s}$  che è prelevata da un bacino idrico come un fiume o un lago. La centrale genera una potenza elettrica di  $1300 \text{ MW}$  e opera con un rendimento che è il 73% del suo massimo rendimento teorico, cioè il rendimento di una macchina di Carnot che lavori fra quelle temperature.

Calcola l'aumento di temperatura dell'acqua nel bacino idrico.

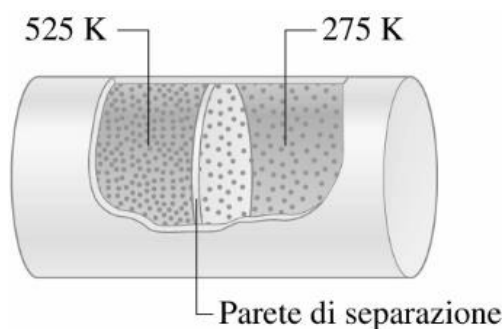
41. Un contenitore isolante è diviso da un setto in due compartimenti, di volume rispettivamente  $V_1$  e  $V_2$ . Il compartimento di volume  $V_1$  contiene un gas perfetto a temperatura  $T_1$ . Il setto è rapidamente rimosso e il gas si espande nel contenitore.

Dimostra che tale espansione è un processo irreversibile.

42. Il disegno mostra un cilindro isolato adiabaticamente, inizialmente diviso al suo interno da una parete adiabatica in due settori delle stesse dimensioni. Ognuno dei due settori contiene una mole di un gas perfetto monoatomico ( $\gamma = 5/3$ ) alla temperatura iniziale di 525 K a sinistra e 275 K a destra. La parete di separazione viene ora spostata verso destra molto lentamente (quasi staticamente) finché la pressione che si esercita sui suoi due lati non diventa uguale.

Calcola le temperature finali:

- Del settore di sinistra.
- Del settore di destra.



Buon lavoro e buone vacanze,

Prof. Dario Topini