

<b>Fisica</b>	
<b>CdS</b>	<b>Scienze biologiche</b>
CFU	9 (8 frontali + 1 esercitazioni)
Ore	84 (72+12)
Semestre	Secondo
Anno	Primo
Numero medio di studenti	400 (totali)
Canalizzazione	4 canali
Referente del Gruppo di Lavoro Nominato un GdL del CdS: Gianluca Panati, Andrea Ciccioli, Roberto Maoli, Carla Cioni (Referente in qualità di Presidente CdS)	Roberto Maoli

## 1. RESOCONTO

<b>Calendario degli incontri</b>
<p><i>02/02/2022, 14/02/2022, 01/03/2022: incontri del GdL per impostare il lavoro e seguire gli stati di avanzamento. I componenti del GdL hanno inoltre avuto incontri intermedi con i docenti dei canali paralleli.</i></p> <p><i>06/05/2022: terminata la compilazione delle schede insegnamento e delle tabelle syllabus concordate tra tutti i docenti dei canali paralleli, contenenti i suggerimenti dei docenti di materie affini dello stesso anno e di anni successivi (in particolare Calcolo e biostatistica, Fisiologia generale).</i></p> <p><i>Da calendarizzare a settembre 2022 l'incontro collegiale con tutti i docenti CdS, i rappresentanti degli studenti, Preside e MD.</i></p>

<b>Criticità emerse</b>
<p><b>Criticità 1.</b> Il problema principale per gli studenti è imparare a risolvere gli esercizi. In questo caso i principali ostacoli sono rappresentati dalle lacune matematiche e dalla capacità di tradurre in linguaggio fisico-matematico (leggi e formule) il testo del problema. Sicuramente per i problemi matematici il ruolo dell'esame di Calcolo è fondamentale.</p> <p><b>Criticità 2.</b> Anche se la frequenza non è obbligatoria è altamente improbabile per chi ha difficoltà preparare l'esame da solo.</p> <p><b>Criticità 3.</b> Esiste un piccolo ma non trascurabile numero di studenti che pospone la preparazione dell'esame di fisica alla fine di tutti gli altri esami. Questi studenti, spesso di molti anni fuori corso, si presentano di solito a ridosso della Laurea, con la dissertazione già pronta, ma con un livello matematico molto prossimo allo zero (tabelline, formule di geometria piana). Nel loro caso il passaggio dello scritto è un'impresa insormontabile.</p>

<b>Azioni correttive proposte</b>

già in atto

**Per la criticità 1.** Attualmente la soluzione proposta è aiutare gli studenti in questa crescita affiancandogli dei tutor che settimanalmente seguono dei piccoli gruppi di 10-12 persone.

**Per la criticità 2.** Per incentivare la frequenza e diminuire il tasso di abbandoni durante il corso si propongono bisettimanalmente dei quiz sulle parti di programma affrontate di recente.

**Per la criticità 3.** Per queste situazioni l'aiuto dei tutor è importante ma spesso insufficiente (servirebbe un aiuto personalizzato). L'unica soluzione a questo problema è evitare il più possibile che lo studente al primo anno in difficoltà con le materie fisico-matematiche adotti questa strategia suicida.

*I docenti di Fisica lamentano che il numero di ore assegnato al corso di Fisica è insufficiente per affrontare un programma completo; questo ha portato a tagliare un certo numero di argomenti potenzialmente importanti anche per la preparazione di uno studente di Biologia: meccanica del corpo rigido, secondo principio della termodinamica, onde meccaniche, campi elettrici e magnetici variabili ed onde elettromagnetiche, ottica geometrica e fisica. Alcuni di questi argomenti negli anni passati sono stati accennati, frutto di un compromesso diverso tra comprensione degli studenti e intensità del corso.*

*A causa del poco tempo a disposizione risulta estremamente ridotta anche la possibilità di affrontare le applicazioni in biologia degli argomenti trattati.*

*Inoltre, è completamente assente ogni esperienza in laboratorio: in tempi non COVID si potrebbero aggiungere almeno alcune dimostrazioni con gli esperimenti a disposizione nel Dipartimento (negli anni passati a volte lo si è riuscito a fare).*

**Buone pratiche**

Vedi le azioni correttive già in atto.

**Note e commenti**

**Programma concordato**

**PROGRAMMA DETTAGLIATO**

**MODULO 1: MECCANICA (34 ore frontali, 6 ore di esercitazioni)**

Unità di misura per lunghezza, tempo e massa. - I vettori. Somma di vettori, moltiplicazione per uno scalare, prodotto scalare. - La cinematica del punto in una dimensione. Velocità media ed istantanea, accelerazione. Moto a velocità costante e accelerazione costante. L'accelerazione di gravità ed il moto di caduta libera. - La cinematica del punto nello spazio. Vettore spostamento, vettore velocità, vettore accelerazione. Moto di proiettili. Moto circolare uniforme, accelerazione centripeta, periodo. - Dinamica del punto materiale. Leggi di Newton, forza peso, attrito statico e dinamico, resistenza del mezzo e velocità limite. Forza centripeta nel moto circolare uniforme. - Lavoro ed energia cinetica. Definizioni, lavoro compiuto dalla forza peso, lavoro compiuto da una forza variabile, forza di richiamo di una molla e lavoro compiuto dalla molla. Potenza. - Conservazione dell'energia. Lavoro ed energia potenziale, forze conservative, principio di

conservazione dell'energia meccanica. Energia potenziale della forza peso e della forza di richiamo di una molla. - Conservazione della quantità di moto. - Urti in una dimensione. - Oscillazioni: moto armonico semplice, velocità ed accelerazione, periodo e pulsazione. Il pendolo semplice.

### **MODULO 2: FLUIDODINAMICA E TERMODINAMICA (16 ore frontali, 2 ore di esercitazioni)**

- Fluidi. Densità, pressione, pressione idrostatica, legge di Stevino, principi di Pascal ed Archimede. Portata. L'equazione di Bernoulli. - Temperatura e calore: definizione di temperatura, legge zero della termodinamica. Dilatazione termica, capacità termica, calore specifico, calore specifico molare, calore latente. Prima legge della termodinamica. Gas perfetti e teoria cinetica. Equazione di stato, lavoro compiuto da un gas perfetto in una trasformazione a pressione costante, a volume costante e a temperatura costante. Temperatura e velocità quadratica media. Energia interna. Calori specifici molari per un gas ideale. Principio di equipartizione. Trasformazioni adiabatiche: legame tra pressione e volume, e tra temperatura e volume. Espansione libera.

### **MODULO 3: ELETTRICITA' E MAGNETISMO (22 ore frontali, 4 ore di esercitazioni)**

Cariche elettriche, legge di Coulomb, principio di sovrapposizione. - Il campo elettrico. Linee di forza, campo di una carica. Moto di una carica in un campo elettrico costante. - Legge di Gauss. Determinazione del campo elettrico per distribuzioni di carica planari, cilindriche e sferiche. Conduttori: distribuzioni di carica superficiale, campo elettrico all'interno del conduttore. - Potenziale elettrico. Calcolo del potenziale dal campo elettrico. Potenziale dovuto ad un insieme di cariche puntiformi. Potenziale di un conduttore carico isolato. - Capacità elettrica. Capacità del condensatore piano. Condensatori in serie e parallelo. Energia immagazzinata in un campo elettrico. - Resistenza elettrica e circuiti. Corrente elettrica, velocità di deriva. Resistenza e resistività. Legge di Ohm. Potenza dissipata. Resistenze in serie e parallelo. Soluzione di circuiti con resistenze. - Prodotto vettoriale. - Campi magnetici. Campo magnetico e forza di Lorentz. Cariche in campi magnetici ed elettrici ortogonali. Traiettoria di una carica in un campo magnetico costante. Forza magnetica su un filo percorso da corrente. Campi magnetici generati da correnti. Legge di Biot-Savart. Campo al centro di una spira. Legge di Ampere: campo di un filo e di un solenoide. Forza tra fili paralleli.

## **2. TABELLA SYLLABUS**

Nota esplicativa: Molti argomenti appaiono sia come prerequisiti che come argomenti richiesti nel programma d'esame. Si intende che la conoscenza elementare dell'argomento è presupposta come prerequisito, mentre una trattazione più approfondita del medesimo argomento è parte del programma del corso.

### **1. Cinematica**

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Grandezze fisiche e unità di misura		X		
Sistemi di riferimento		X		
Posizione, velocità e accelerazione	X	X		
Moti unidimensionali	X	X		

Campi scalari e vettoriali		X		
Operazioni con i vettori		X		
Moto parabolico	X	X		
Motocircolare	X	X		

## 2. Dinamica del punto

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Sistemi inerziali e principio di inerzia	X	X		
Forza, massa inerziale e massa gravitazionale	X	X		
Secondo principio della dinamica	X	X	Fisiologia	
Terzo principio della dinamica	X	X		
Trasformazioni galileiane	X	X		
Sistemi noninerziali e forze apparenti	X	X		
Gravitazione	X	X		
Leggi di Keplero				X
Forza peso	X	X		
Forze elastiche	X	X	Fisiologia	
Reazioni vincolari	X	X		
Corde e carrucole	X	X		
Attrito (statico e dinamico)	X	X		
Oscillatore armonico	X	X		
Pendolo		X		

## 3. Energia e quantità di moto

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Lavoro di una forza	X	X	Fisiologia	
Teorema dell'energia cinetica	X	X		
Forze conservative e energia potenziale	X	X		
Impulso e quantità di moto	X	X		
Momento angolare e momento di una forza	X			
Urti tra corpi puntiformi	X	X		

## 4. Sistemi rigidi

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Quantità di moto per un sistema di punti materiali		X		
Centro di massa				
Momenti di inerzia				
Teorema di König				
Energia cinetica di un sistema rigido				
Momento angolare rispetto ad un polo fisso				
Moto di un sistema rigido non vincolato				
Rotazione di un corpo rigido				
Moto di puro rotolamento				
Urti tra corpi estesi				

### 5. Fluidodinamica

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Fluidi	X	X	Fisiologia	
Densità, pressione,	X	X	Fisiologia	
Legge di Stevino	X	X		
Principio di Archimede	X	X		
Teorema di Pascal	X	X		
Fluidi perfetti e teorema di Bernoulli	X	X	Fisiologia	
Fluidi viscosi		X	Fisiologia	
Legge di Poiseuille		X	Fisiologia	

### 6. Termodinamica

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Temperatura e legge zero della termodinamica	X	X		
Sistemi termodinamici e parametri di stato	X	X	Fisiologia	
Definizione operativa di calore		X		
Trasformazioni termodinamiche	X	X		
Lavoro in termodinamica e rappresentazione grafica	X	X	Fisiologia	
Dilatazione termica.		X		
Equivalenza calore-lavoro	X	X		
Prima legge della termodinamica	X	X		
Gas perfetti: equazione di stato	X	X		
Teoria cinetica dei gas		X		
Trasformazioni reversibili e non, adiabatiche, a P, V e T costante	X	X	Fisiologia	
Secondo principio della termodinamica				
Ciclo di Carnot e teorema di Carnot	X			
Entropia				

### 7. Elettrostatica

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Gradiente di uno scalare, divergenza e rotore di un vettore				X
Cariche elettriche, legge di Coulomb, principio di sovrapposizione	X	X		
Teorema di Gauss, prima equazione di Maxwell	X	X		
Determinazione del campo elettrico per distribuzioni di carica planari, cilindriche e sferiche		X		
Potenziale elettrico, terza equazione di Maxwell, equazione di Poisson	X	X	Fisiologia	
Lavoro ed energia potenziale	X	X	Fisiologia	
Dipolo				
Energia elettrostatica di un sistema di cariche		X		
Conduttori: induzione elettrostatica, teorema di Coulomb	X	X		
Capacità di un conduttore	X	X	Fisiologia	
Condensatori (serie e parallelo)	X	X	Fisiologia	
Energia elettrostatica	X	X	Fisiologia	

Polarizzazione dei dielettrici			Fisiologia	
Equazioni generali dell'elettrostatica con dielettrici				
Separazione tra due dielettrici				

### 8. Corrente elettrica stazionaria

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Densità ed intensità di corrente	X	X		
Equazione di continuità e corrente stazionaria		X	Fisiologia	
Modello classico della conduzione elettrica		X		
Leggi di Ohm, resistenza (serie e parallelo)	X	X	Fisiologia	
Leggi di Kirchoff				
Legge di Joule	X	X		
Forza elettromotrice	X	X		
Circuito RC		X	Fisiologia	
Carica e scarica di un condensatore				

### 9. Magnetismo

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Forza di Lorentz	X	X		
Moto di una particella carica in campo magnetico costante	X	X		
Forza agente su un circuito percorso da corrente (seconda formula di Laplace).	X	X		
Legge di Biot-Savart (prima formula di Laplace).	X	X		
Forza tra fili rettilinei	X	X		
Definizione di potenziale vettore, seconda equazione di Maxwell.				
Teorema della circuitazione di Ampere		X		
Permeabilità e suscettività magnetica				
Meccanismi di magnetizzazione				
Equazioni generali della magnetostatica				
Le sostanze diamagnetiche, paramagnetiche, ferromagnetiche				

### 10. Campi elettrici e magnetici variabili nel tempo

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Esperienze di Faraday. Legge di Lenz	X			
Terza equazione di Maxwell				
Mutua induttanza e autoinduttanza				
Circuito RL				
Energia di una induttanza				
Densità di energia del campo magnetico				
Quarta equazione di Maxwell e corrente di spostamento				
Circuito LC				
Circuito RCL				

### 11. Onde elettromagnetiche e ottica fisica

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Onde sonore	X			
L'effetto Doppler				
Sovrapposizione e interferenza				
Onde stazionarie	X			
Onde elettromagnetiche e polarizzazione	X			
Spettro delle onde elettromagnetiche	X			
Luce e indice di rifrazione	X			
Principio di Huygens-Fresnel				
Riflessione, rifrazione, dispersione	X			
Lenti e equazioni delle lenti sottili	X			
Diffrazione di Fraunhofer e Fresnel	X			
Il reticolo di diffrazione.				

### 12. Relatività ristretta

	Prerequisito	Richiesto	Argomenti correlati nel CdS	Non necessario
Trasformazioni di Galileo e di Lorentz				X
Postulati della relatività ristretta				X
Legge di composizione delle velocità				X

## 3. Esempi di esercizi d'esame/fogli di esercizi

La valutazione comprende una prova scritta e un colloquio orale.

La **prova scritta** consiste di solito in tre esercizi, ciascuno con molteplici domande, che si riferiscono ai tre principali moduli del corso (meccanica, termodinamica, elettromagnetismo); a volte si introducono anche concetti di fluidostatica e ultimamente si è privilegiata l'elettrostatica rispetto al magnetismo che, essendo l'ultimo argomento in programma, spesso viene affrontato senza approfondire la parte di esercizi. Oltre ai quiz di autovalutazione, vengono proposte due **prove di esonero** che, se superate, consentono di accedere direttamente alla prova orale. Si accede alla prova orale con un voto minimo di 15/30.

La **prova orale** dura circa 30-40 minuti e vengono richieste dimostrazioni e applicazioni delle leggi fisiche. Al giudizio finale concorrono anche la proprietà di linguaggio e l'abilità di collegare tra loro argomenti diversi, oltre alla capacità di applicare le leggi e i principi fisici a casi concreti.

Al **voto finale**, espresso in trentesimi, contribuiscono in egual misura (ma con una certa elasticità) l'esito della prova scritta e della prova orale. Raramente chi è ammesso all'orale non supera l'esame.

Tutte le prove di esame degli ultimi vent'anni sono disponibili (testo e soluzioni) sul canale e-learning del corso. Di seguito vengono riportate le ultime 4 prove d'esame di giugnò disponibili (a giugno 2020 lo scritto è stato sostituito da miniscritti individuali svolti a distanza



### Esercizio 1

Un corpo di massa  $m_1 = 3.2 \text{ kg}$  parte da fermo dall'estremità superiore di un piano inclinato di un angolo  $\theta = 30^\circ$  rispetto all'orizzontale.

Il piano è scabro con coefficiente di attrito dinamico  $\mu_d = 0.280$  e lunghezza  $D = 4.50 \text{ m}$ .

Nello stesso istante un secondo corpo di massa  $m_2 = m_1$  viene lanciato su un piano orizzontale privo di attrito da una molla di costante elastica  $k = 6800 \text{ N/m}$ , inizialmente compressa di  $\Delta x = 21.0 \text{ cm}$ .

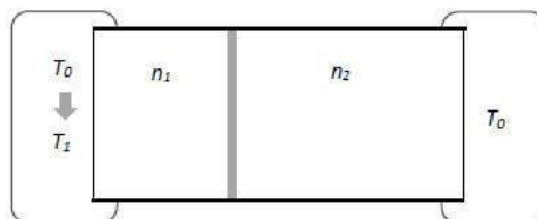
I due corpi di urtano frontalmente ed elasticamente sul piano orizzontale.

- Calcolare la velocità  $v_{2,f}$  del secondo corpo dopo l'urto;
- calcolare la velocità  $v_0$  del primo corpo quando ripassa per il punto di partenza, in cima al piano inclinato e il lavoro complessivo della forza d'attrito sul primo corpo;
- calcolare la quota massima rispetto al piano orizzontale raggiunta dal primo corpo dopo che questo ha abbandonato il piano nel suo moto verso destra.



### Esercizio 2

Un cilindro orizzontale con pareti esterne termicamente isolanti e basi in contatto con due sorgenti è diviso in due sezioni da un setto isolante libero di muoversi senza attrito. Il volume totale del cilindro è  $V_{\text{tot}} = 6.00$  litri. A sinistra del setto sono contenute  $n_1 = 2.40$  moli di un gas perfetto biatomico, mentre a destra sono contenute  $n_2 = 2 n_1$  moli di un altro gas perfetto. Entrambe le sorgenti sono inizialmente alla temperatura  $T_0 = 372 \text{ K}$ .



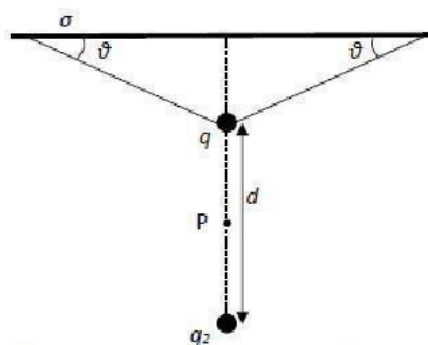
- Calcolare i volumi  $V_1$  e  $V_2$  occupati inizialmente dai due gas e le rispettive pressioni  $p_1$  e  $p_2$ .

Successivamente la sorgente a contatto con il gas a sinistra aumenta lentamente la sua temperatura fino a  $T_1 = 620 \text{ K}$ .

- Calcolare i nuovi volumi e le nuove pressioni dei due gas una volta che si è raggiunto un nuovo equilibrio;
- calcolare il lavoro subito dal secondo gas e il calore trasferito al primo gas.

### Esercizio 3

Una lamina di estensione infinita, con densità di carica superficiale  $\sigma = 3.5 \mu\text{C}/\text{m}^2$  è posta orizzontalmente come mostrato in figura. Due funi uguali di massa trascurabile e inestensibili, collegano la lastra ad una pallina carica ( $q = 8.5 \mu\text{C}$ ) di massa  $m = 70 \text{ g}$ , formando un triangolo isoscele con i due angoli alla base  $\theta = 30^\circ$ .



- Calcolare la tensione delle due funi quando il sistema è in equilibrio statico;
- considerando che ognuna delle due funi ha un carico di rottura  $A = 12.5 \text{ N}$ , calcolare la distanza massima  $d$  dalla carica  $q$  a cui deve essere posta la carica  $q_2 = -4.6 \mu\text{C}$  lungo l'asse congiungente le due cariche e perpendicolare alla lastra per liberare la carica  $q$  dalle funi;
- a seguito della rottura delle due funi, calcolare la velocità con cui la carica  $q$  passa nel punto P, a distanza  $d/2$  dalla carica  $q_2$ .

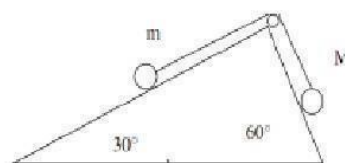
Considerare anche l'effetto della forza peso.



### Esercizio 1

Due masse  $m$  ed  $M$ , collegate tra loro mediante una fune inestensibile e di massa trascurabile sono poste su due piani inclinati rispettivamente di un angolo di  $30^\circ$  e di  $60^\circ$  rispetto a un piano orizzontale. Se  $m = 5.0$  kg:

- calcolare il valore di  $M$  in modo che le due masse siano in equilibrio;
- supponendo che anche  $M$  sia pari a  $5.0$  kg si calcoli l'accelerazione delle due masse e la tensione della fune precisando se  $m$  sale o scende.
- Supponendo invece che entrambi i piani inclinati abbiano un coefficiente di attrito dinamico  $\mu_d = 0.12$  si calcoli la velocità in modulo di entrambi i corpi (nell'ipotesi  $m = M = 5$  kg) quando hanno percorso uno spazio  $L = 85$  cm.



### Esercizio 2

Una pentola di alluminio contenente  $1.5$  l di acqua in equilibrio termico a  $T = 20^\circ\text{C}$  è posta su un fornello elettrico con una resistenza  $R = 50 \Omega$  alimentato da un generatore di tensione  $\Delta V = 220$  V. Sapendo che il 30% del calore viene disperso nell'aria e che la massa della pentola vuota è  $M_p = 2.5$  kg, calcolare:

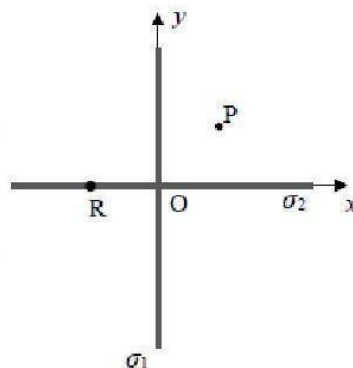
- il calore assorbito dalla pentola e dall'acqua fino al momento in cui l'acqua si mette in ebollizione;
- la potenza erogata dal fornello elettrico;
- a partire dall'accensione del fornello, il tempo necessario perché tutta l'acqua presente nella pentola evapori;

Il calore specifico dell'alluminio e dell'acqua sono:  $c_{Al} = 880$  J/(kg K),  $c_{H_2O} = 1$  cal/(g K) e il calore latente di evaporazione dell'acqua è  $\lambda_e = 2257$  kJ/kg.

### Esercizio 3

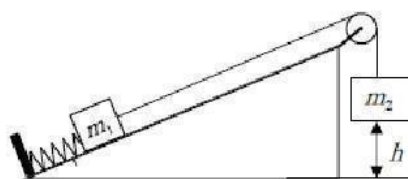
Due lamine sottili molto estese, con densità superficiale rispettivamente  $\sigma_1 = 3.80 \cdot 10^{-9}$  C/m<sup>2</sup> e  $\sigma_2 = 1.90 \cdot 10^{-9}$  C/m<sup>2</sup>, sono disposte ortogonalmente tra loro, come in figura.

- Calcolare modulo, direzione e verso del campo elettrico nei quattro quadranti determinati dagli assi  $x$  e  $y$ ;
- Calcolare all'istante  $t = 5.00$  s la posizione e la velocità in modulo di una particella di massa  $m = 8.50 \cdot 10^{-3}$  kg e carica  $q = 7.40 \cdot 10^{-5}$  C che all'istante  $t = 0$  è partita da ferma dalla posizione  $P = (2$  m,  $2$  m);
- Calcolare il valore che deve avere una carica puntiforme  $Q$  posta nella posizione  $R = (-2$  m,  $0)$  perché la particella del punto precedente non si muova dal punto  $P$ .



### Esercizio 1

Due corpi, rispettivamente di massa  $m_1 = 1.80 \text{ kg}$  ed  $m_2 = 2.70 \text{ kg}$ , sono collegati tra loro tramite una corda e una carrucola, entrambe ideali, come mostrato in figura. Il primo corpo è libero di muoversi su un piano inclinato rispetto l'orizzontale di un angolo  $\theta = 28^\circ$ ; i coefficienti d'attrito statico e dinamico tra il primo corpo e il piano sono rispettivamente  $\mu_s = 0.450$  e  $\mu_d = 0.230$ .

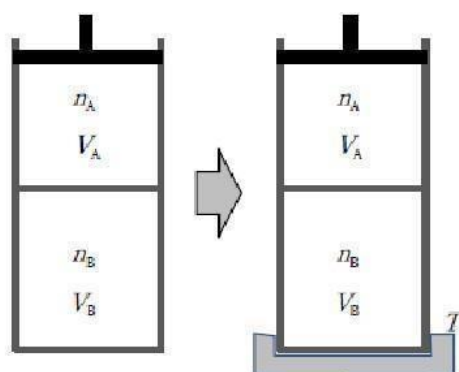


Il sistema è in equilibrio statico, il primo corpo è agganciato a una molla di costante elastica  $k = 650 \text{ N/m}$  che risulta allungata rispetto alla posizione a riposo di  $x = 3.70 \text{ cm}$  e il secondo corpo ha una distanza da terra pari ad  $h = 1.40 \text{ m}$ .

- Calcolare modulo, direzione e verso dell'attrito statico,  $F_{AS}$ , esercitato dal piano inclinato sul primo corpo. A un certo istante il primo corpo si sgancia dalla molla.
- Dopo aver verificato che il sistema si mette in moto, calcolare la velocità,  $v_f$ , con la quale il secondo corpo tocca terra.
- Calcolare la tensione,  $T$ , della corda mentre i due corpi sono in movimento.

### Esercizio 2

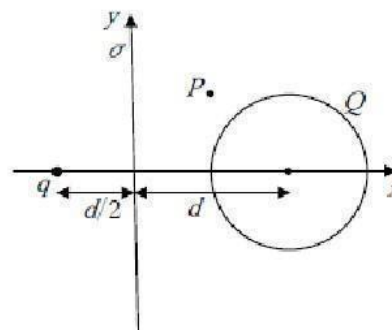
Un contenitore cilindrico adiabatico di volume totale iniziale  $V = 24.0$  litri è diviso in due parti uguali, A e B, da un setto fisso conduttore da un punto di vista termico. Le due parti contengono rispettivamente  $n_A = 0.60$  moli di un gas ideale monoatomico e  $n_B = 0.40$  moli di un gas ideale biatomico. All'estremità superiore il contenitore è chiuso da un pistone libero di muoversi senza attrito di sezione  $S = 140 \text{ cm}^2$  e massa  $M = 21.0 \text{ kg}$ , anch'esso adiabatico, con pressione esterna pari a  $1.00 \text{ atm}$ .



- Calcolare la temperatura  $T_A$  del gas contenuto nella parte superiore e la pressione  $p_B$  del gas contenuto nella parte inferiore. A un certo istante la parte inferiore viene messa in contatto termico con una sorgente alla temperatura  $T_S = 2 T_A$ . Una volta che tutto il sistema ha lentamente raggiunto il suo nuovo equilibrio, calcolare:
- il lavoro totale  $L_{tot}$  e la variazione di energia interna  $\Delta U_{tot}$  di tutto il sistema;
- la forza risultante esercitata dai due gas sul setto di separazione tra le due parti.

### Esercizio 3

Una lamina di estensione praticamente infinita è uniformemente carica con densità di carica superficiale  $\sigma = 2.20 \cdot 10^{-10} \text{ C/m}^2$ . Un guscio sferico di raggio pari a  $d/2$  e carica totale  $Q = 8.80 \cdot 10^{-10} \text{ C}$  omogeneamente distribuita sulla sua superficie è posizionato con il centro a distanza  $d = 1.40 \text{ m}$  dalla lamina, lungo l'asse  $x$  positivo, perpendicolare alla lamina.



- Determinare le due componenti del campo elettrico totale in un punto P di coordinate  $(d/2, d/2)$ .
- Indicare in quale regione dell'asse  $x$  è possibile porre una carica che si trovi in equilibrio in presenza del campo elettrico prodotto dalla lamina e dal guscio sferico. Calcolare la distanza  $s$  della carica dal centro del guscio per la quale si verifica questa condizione.

Ad un certo istante un corpo di carica negativa  $q = -6.80 \cdot 10^{-3} \text{ C}$  e massa  $m = 3.70 \cdot 10^{-3} \text{ kg}$  parte da fermo dal punto di coordinate  $(-d/2, 0)$ , passa attraverso la lamina ed arriva sul guscio carico.

- Calcolare la velocità finale del corpo quando arriva sul guscio. Si trascuri la forza gravitazionale.