Associazione per l'Insegnamento della Fisica

PROGETTO OLIMPIADI

33ª Edizione

Olimpiadi di Fisica 2019

Gara di 2° livello

Giovedì 21 Febbraio 2019

Problemi

Non sfogliare il fascicolo ! Aspetta che sia dato il via.

TEMPO: 1 ora e 40 minuti.

- Esponi con chiarezza il procedimento risolutivo e tieni conto che nella valutazione si prenderanno in considerazione anche le soluzioni parziali.
- Riporta il tuo nome su TUTTI i fogli che consegnerai, nell'angolo in alto a SINISTRA.
- Utilizza un foglio diverso per ogni problema che hai risolto, numerandone le pagine, nell'angolo in alto a DESTRA.
- Indica il numero del problema in testa alla relativa soluzione, secondo questo esempio:

  Problema 2   *Soluzione:* ...
- Indica chiaramente la domanda (1., 2., ...) cui si riferisce la parte di soluzione che stai scrivendo.

NOTA importante sui DATI NUMERICI: I dati numerici forniti nei singoli problemi, qualunque sia il numero di cifre con cui vengono scritti, si devono considerare noti con un'incertezza dello $0.1\,\%$, salvo esplicita indicazione contraria. Le costanti fornite nella tabella generale si possono invece considerare note con incertezza trascurabile. Di conseguenza si scrivano i risultati numerici, quando richiesti, con un numero di cifre appropriato all'incertezza del risultato stesso.

Materiale elaborato dal Gruppo

PROGETTO OLIMPIADI

Segreteria delle Olimpiadi Italiane di Fisica

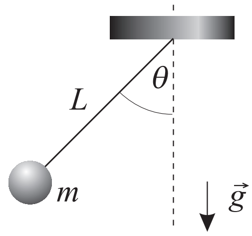
e-mail: segreteria@olifis.it

WEB: www.olifis.it

Le Olimpiadi di Fisica sono organizzate dall'AIF su mandato del

MINISTERO DELL'ISTRUZIONE, DELL'UNIVERSITÀ E DELLA RICERCA

P1 Pendolo trascinato — Punti 20



È stato ritrovato un foglio con pochi appunti relativi ad un esperimento da provare in laboratorio. Si tratta di una sfera di massa m appesa a un supporto in movimento con un filo di lunghezza L. Si dice che durante il moto il filo è in tensione e forma un angolo costante $\theta = 45°$ con la verticale e che anche l'orientazione del piano verticale, mostrato in figura, su cui giace il filo, rimane fissa durante l'esperimento.

Si considerano trascurabili gli attriti.

Inizialmente si consideri rettilineo il moto del sistema, in direzione orizzontale, nel piano verticale della figura.

1. Spiegare perché il moto deve essere accelerato, trovarne l'accelerazione e determinare la tensione del filo.

Più in generale, togliendo la condizione che il moto debba essere orizzontale, ma che si svolga sempre nello stesso piano verticale della figura, l'accelerazione del sistema può essere diretta in modo da formare un angolo α con l'asse orizzontale orientato a destra.

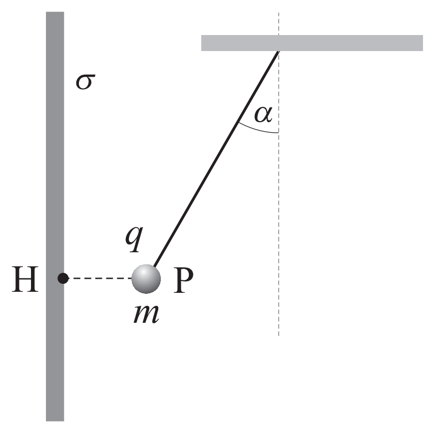
2. Trovare la tensione del filo in funzione dell'angolo α. Determinare inoltre i limiti di questo angolo.

D'ora in poi si vuole scoprire se sono possibili moti in ogni direzione, nello spazio, con il filo ancora nel piano verticale della figura e con le condizioni date sopra.

3. Nel caso particolare con $\alpha = 0$, spiegare se, dalle sole informazioni scritte negli appunti, è possibile o meno dedurre la direzione e il verso della velocità.

4. Dimostrare che, in generale, la traiettoria del sistema è una curva piana con un asse di simmetria; indicare come si può individuare tale piano, quali curve sono possibili e come sono orientati la curva e l'asse di simmetria.

P2 Sferetta appesa in un campo elettrico — Punti 18



Una superficie piana, disposta verticalmente, di materiale isolante, è caricata con densità superficiale uniforme σ. Una sferetta dello stesso materiale ha massa $m = 0.25\,\mathrm{g}$ e carica $q = 10\,\mathrm{nC}$; essa è sospesa a un filo isolante che forma un angolo $\alpha = 30°$ con la verticale, come in figura, e si trova nel punto P a distanza $d = 30\,\mathrm{cm}$ dalla lastra. La lastra ha dimensioni molto maggiori di d e la sferetta è molto lontana dai bordi della lastra. Il tutto è in condizioni di equilibrio.

1. Determinare il campo elettrostatico generato dalla lastra piana nel punto P.

2. Calcolare la densità σ.

All'istante $t = 0$ il filo si rompe.

3. Detta H la proiezione ortogonale di P sulla lastra, determinare a che distanza h da H la sferetta colpisce la lastra.

4. Con quale velocità la sferetta urta la lastra?

P3 Trasferimento di calore Punti 22

Un riscaldatore elettrico eroga una potenza $P_0 = 150\,\mathrm{W}$. All'istante $t = 0$ esso viene inserito in un recipiente contenente una miscela di acqua liquida e ghiaccio, a $0°\mathrm{C}$ e alla pressione standard; sia m_0 la massa iniziale di ghiaccio ed M la massa totale della miscela.

La miscela viene mescolata in modo tale che la sua temperatura T sia sempre uniforme in tutta la sua massa.

ATTENZIONE: in questo problema le temperature sono tutte espresse in $°\mathrm{C}$; esse sono scritte con la T maiuscola per distinguerle dai tempi (t minuscola). Si raccomanda di prestare attenzione a questo fatto nella scrittura della soluzione.

Inizialmente si supponga che il sistema costituito dalla miscela con immerso il riscaldatore non scambi calore con l'ambiente esterno, considerando trascurabili sia la capacità termica del recipiente che la quantità d'acqua evaporata prima dell'ebollizione.

1. Determinare, in funzione di P_0, M, m_0 e delle costanti necessarie, l'istante t_0 in cui il ghiaccio si è fuso completamente e la successiva variazione di temperatura della miscela dT nel tempo dt (*). Tracciare un grafico qualitativo dell'andamento della temperatura T della miscela nel tempo t, a partire dall'istante $t = 0$ fino all'ebollizione, indicando su di esso le grandezze trovate sopra: t_0, dT e dt.

Se invece il sistema scambia calore con l'ambiente esterno, l'andamento della temperatura T della miscela, in funzione del tempo t, è quello rappresentato nel grafico allegato.

Si faccia l'ipotesi che il calore disperso all'esterno per unità di tempo sia proporzionale alla differenza di temperatura tra la miscela e l'ambiente esterno, $dQ/dt = \alpha(T - T_\mathrm{a})$, dove T è ancora la temperatura della miscela, T_a è la temperatura dell'ambiente e α è un parametro indipendente dalla temperatura. Si assuma che la temperatura dell'ambiente sia costante e valga $T_\mathrm{a} = 0°\mathrm{C}$, in modo che risulti più semplicemente

$$\frac{dQ}{dt} = \alpha T\,, \quad \text{con } T \text{ sempre espresso in } °\mathrm{C}.$$

Considerando ancora trascurabili sia la capacità termica del recipiente che la quantità d'acqua che evapora prima dell'ebollizione, si risponda alle seguenti domande, ricavando i dati necessari dal grafico $T(t)$.

2. Determinare la massa iniziale m_0 del ghiaccio nella miscela.

3. Determinare la massa totale M della miscela.

4. Determinare il parametro α.

5. Determinare la potenza massima P_max del riscaldatore, in modo tale che l'acqua non arrivi all'ebollizione.

6. Mantenendo gli stessi valori per le masse e per il coefficiente α, determinare il tempo $t^\star$ in cui inizierebbe l'ebollizione dell'acqua se la potenza emessa dal riscaldatore elettrico valesse $P^\star = 425\,\mathrm{W}$.

NOTA BENE: È possibile utilizzare il grafico allegato per tracciare delle costruzioni geometriche utili a ricavare le risposte; **va quindi riconsegnato** insieme ai fogli della soluzione.

(*) Poiché il rapporto $\Delta T/\Delta t$ in generale non è costante, il valore istantaneo si ottiene considerando intervalli sempre più piccoli, indicati con dT e dt. Analogamente più avanti si userà la notazione dQ