

# Introduzione alla fisica: Prova scritta [23/06/2023]

*Durata: 3 ore. La consultazione di appunti e documenti (scritti o in rete) non è autorizzata. L'uso della calcolatrice è autorizzato.*

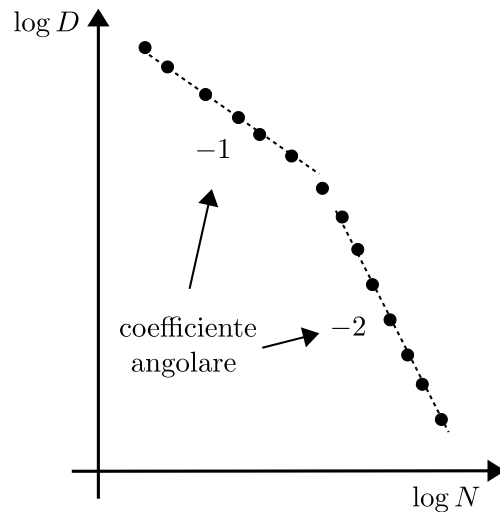
**Ricorda di giustificare i passaggi e di dettagliare i calcoli numerici.**

*Costanti:*

- costante di Boltzmann:  $k_B = 1.38 \times 10^{-23}$  J/K
- accelerazione di gravità terrestre:  $g = 9.8$  m/s<sup>2</sup>

## (A) Domande teoriche e concettuali

1. Definisci *operativamente* le seguenti grandezze fisiche: (i) forza; (ii) massa inerziale.
2. Enuncia il secondo principio della termodinamica. Fornisci quindi l'interpretazione microscopica dell'entropia secondo Boltzmann.
3. Dimostra la legge di associazione in serie e in parallelo delle resistenze termiche. Per quale ragione tali leggi sono formalmente identiche a quelle trovate per le resistenze elettriche?
4. I materiali plastici sono composti da lunghe molecole a forma di catena. Moderne tecniche di sintesi permettono di controllare precisamente il numero  $N$  di atomi contenuti in ciascuna molecola. Inoltre, quando tali materiali sono in fase liquida, le molecole si muovono all'interno del materiale e il moto del loro centro di massa può essere quantificato da una grandezza fisica  $D$ , chiamata coefficiente di diffusione. La relazione tra  $D$  e  $N$  è oggetto di studio in fisica statistica ed è illustrata nella figura qui accanto per un tipico materiale plastico. Quale legge fisica lega  $D$  e  $N$  se le molecole sono corte (cioè, se  $N$  è piccolo)? E se sono lunghe? Giustifica la tua risposta.

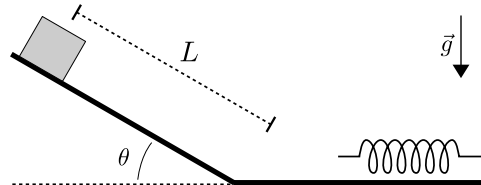


## (B) Ordini di grandezza

Stima l'energia cinetica della terra associata al moto del suo centro di massa attorno al sole (distanza terra-sole:  $R = 1.5 \times 10^8$  km).

### (C) Molla

Un corpo di massa  $m = 0.5$  kg può scivolare senza attrito lungo un piano inclinato di un angolo  $\theta = 30^\circ$  rispetto all'orizzontale. Il corpo si trova a una distanza  $L = 1$  m dal punto di raccordo con un piano orizzontale, privo di attrito, al cui fondo è fissata una molla ideale di costante elastica  $k = 100$  N/m.



1. Calcola il modulo della velocità del corpo nel punto di raccordo con il piano orizzontale.
2. Calcola la massima compressione della molla quando il corpo giunge a contatto con essa.
3. Determina l'altezza massima raggiunta dal corpo sul piano inclinato, nel ritornare indietro dopo l'urto con la molla.

### (D) Caduta libera

Una sfera di massa  $m$  è in caduta libera nell'atmosfera terrestre, in prossimità della superficie. Oltre alla forza peso  $m\vec{g}$ , il corpo è sottoposto a una forza di attrito viscoso di modulo  $\vec{F}_v = -a\vec{v}$ , dove  $a$  è una costante. La sfera viene lasciata cadere con velocità iniziale nulla da un'altezza  $h$ .

1. Determina il modulo della velocità  $v = |\vec{v}|$  in funzione del tempo.
2. Determina la velocità limite,  $v_\ell = \lim_{t \rightarrow \infty} v$ .
3. Determina l'altezza minima  $h$  affinché il corpo raggiunga  $v_\ell$  a meno del 10% prima di raggiungere il suolo.

### (E) Ciclo di Otto

Consideriamo il ciclo di Otto per descrivere un motore a combustione. La miscela di gas e carburante sarà modellizzata come un gas perfetto di parametro  $\gamma$  costante che effettua un ciclo composto dalle seguenti trasformazioni quasi-statiche:

- 1  $\rightarrow$  2: compressione adiabatica
- 2  $\rightarrow$  3: riscaldamento isocoro
- 3  $\rightarrow$  4: espansione adiabatica
- 4  $\rightarrow$  1: raffreddamento isocoro

Il rapporto  $x = V_1/V_2$  tra il volume occupato dal gas nello stato 1 e quello occupato nello stato 2 definisce il tasso di compressione del motore.

1. Traccia il ciclo nel diagramma  $(P, V)$ .
2. Determina l'efficienza  $e$  del motore ed esprimila quindi in funzione dei soli parametri  $\gamma$  e  $x$ .
3. Cosa si deve fare per aumentare l'efficienza del motore? Quale aspetto pratico impedisce di aumentare arbitrariamente l'efficienza di un tale motore a combustione?