

Liceo scientifico “E. Fermi” – Bologna

Prova comune di Fisica per le classi quarte

10 Aprile 2017

Nome.....Cognome .....

Risolvi il problema e *tre* dei sei quesiti proposti.

Indica i quesiti da correggere nella tabella a pagina 3, tenendo presente che verranno corretti *solo* quelli.

Per ottenere il massimo punteggio, i quesiti – anche quelli che richiedono risposte numeriche – dovranno essere risolti *facendo utilizzo dell'algebra formale*, indicando chiaramente i principi utilizzati ed accompagnando i passaggi salienti con un commento o una breve spiegazione.

Il punteggio è inoltre attribuito in base alla correttezza e completezza della risoluzione del problema e dei quesiti.

Note:

- I risultati numerici vanno forniti con tre cifre significative.
- Non è consentito l'uso del correttore.
- Puoi usare la calcolatrice programmabile.
- Durata della prova: 110 *min*
- Livello di sufficienza: 60 *punti*

|                    | P  | $Q_1$ | $Q_2$ | $Q_3$ | $Q_4$ | $Q_5$ | $Q_6$ | Punteggio totale | Voto |
|--------------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------------------|------|
| Punteggio massimo  | 52 | 16    | 16    | 16    | 16    | 16    | 16    |                  |      |
| Punteggio ottenuto |    |       |       |       |       |       |       |                  |      |

Table 1: Tabella riservata all'insegnante per la correzione



**Problema** All'inizio del XX secolo si sapeva che all'interno degli atomi c'erano gli elettroni, di carica negativa, e che gli atomi erano globalmente neutri e quindi dovevano contenere, da qualche parte, anche carica positiva. Due erano i modelli atomici proposti:

- (i) il modello "a panettone" di J.J. Thomson (1904), che assumeva che l'atomo fosse una sfera positiva uniformemente carica all'interno della quale erano distribuiti gli elettroni con carica negativa, come l'uvetta nel panettone;
- (ii) il modello planetario di E. Rutherford (1911), che considerava la carica positiva concentrata in una piccola regione al centro dell'atomo (il nucleo) e gli elettroni che orbitavano attorno a tale nucleo come i pianeti in un sistema solare.

In una serie di esperimenti a partire dal 1908 Rutherford cominciò a investigare la struttura dell'atomo bombardando una sottile lamina d'oro con particelle di carica positiva denominate particelle  $\alpha$  e osservando la deflessione di queste oltre la lamina (una particella  $\alpha$  è un nucleo di  ${}^4_2\text{He}$ , quindi è costituita di due protoni e due neutroni). Supponi che una particella  $\alpha$  venga sparata contro l'atomo di oro, come è mostrato nella figura (non in scala).

Il cerchio *non* colorato nella prima figura illustra il modello di Rutherford in cui il nucleo dell'atomo è un oggetto puntiforme rispetto alla dimensione delle particelle  $\alpha$  (il puntino nero al centro della sfera).

Il cerchio colorato della seconda figura, rappresenta l'atomo di Thomson, una sfera con una distribuzione di carica uniforme positiva, di raggio  $R_0 = 1.66 \cdot 10^{-10} \text{ m}$ , con cui interagisce la particella  $\alpha$ .

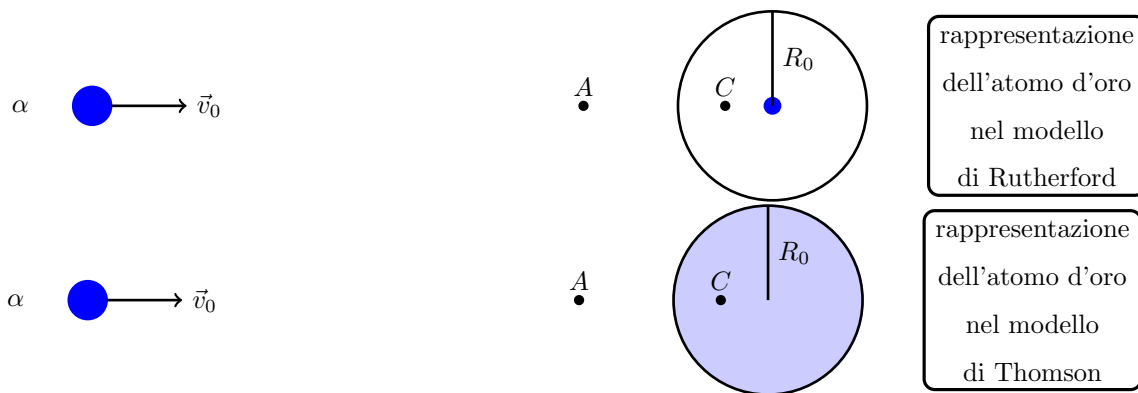


Figure 1:

Trascura l'effetto degli elettroni.

La carica positiva del nucleo di oro è  $Q = 79e$ .

La carica di una particella  $\alpha$  è  $q_0 = 2e$  (con  $e$  viene indicata la carica del protone).

- (a) Fornisci l'espressione del campo elettrico generato dalla carica puntiforme del modello di Rutherford.
- (b) Calcola l'entità della forza  $F_A^{(R)}$  che agisce sulla particella  $\alpha$  quando essa si trova nel punto  $A$  posto a distanza  $2R_0$  dal centro del nucleo e la forza  $F_C^{(R)}$  che agisce su  $\alpha$  quando essa si trova in  $C$ , posto a distanza  $R_0/2$  dal centro.
- (c) Illustra con un disegno la direzione e il verso della forza in  $A$  e in  $C$ .
- (d) Utilizzando il teorema di Gauss, deduci l'espressione del campo elettrico generato dalla sfera carica del modello di Thomson.
- (e) Mediante il campo elettrico trovato nel punto precedente determina, nel modello di Thomson, le forze  $F_A^{(T)}$  e  $F_C^{(T)}$  del punto (b).
- (f) Illustra con un disegno la direzione e il verso della forza in  $A$  e in  $C$  anche in questo caso.
- (g) Rappresenta graficamente la funzione  $E = E(r)$  che esprime il modulo del campo elettrico in funzione della distanza dal centro nei due casi.
- (h) Secondo il modello di Thomson, qual è il punto dello spazio interno all'atomo d'oro o in prossimità di esso in cui la forza sulla particella  $\alpha$  sarebbe massima?
- (i) Qual è il punto in cui la forza sarebbe massima secondo il modello di Rutherford?

Le costanti fisiche.

- costante dielettrica del vuoto:  $\varepsilon_0 = 8.854 \cdot 10^{-12} C^2/(m^2 N)$ ;
- carica del protone:  $e = +1.602 \cdot 10^{-19} C$ ;
- costante di Coulomb:  $K = 8.988 \cdot 10^9 N \cdot m^2/C^2$ ;
- costante dei gas perfetti:  $R = 8.31 J/(K \cdot mol)$ .

Quesiti risolti:

---

I QUESITI NON INDICATI IN TABELLA NON SARANNO VALUTATI

---

Quesito  $n.$  ...

Quesito  $n.$  ...

Quesito  $n.$  ...

---

**Quesito 1** Un cilindro con pistone mobile contiene  $n = 2.00 \text{ mol}$  di  $He$  (monoatomico) alla temperatura  $t_I = 100^\circ C$ . Il sistema subisce una trasformazione, nella quale il gas assorbe  $3.74 \cdot 10^4 \text{ J}$  di calore e al termine della quale la sua temperatura è aumentata portandosi al valore  $t_F = 1000^\circ C$ .

- (a) Determina il lavoro compiuto dal gas.
- (b) Sapendo che la trasformazione avviene a pressione costante, determina il rapporto  $\frac{V_F}{V_I}$  fra i volumi del gas a fine ed inizio trasformazione.

**Quesito 2** Una macchina di Carnot è costituita da  $2.00 \text{ mol}$  di un gas perfetto che compiono un ciclo tra le temperature  $t_A = 227^\circ C$  e  $t_B = 127^\circ C$ . Sai che, alla temperatura più alta, il gas assorbe una quantità di calore  $Q = 1.30 \cdot 10^4 \text{ J}$ . Calcola:

- (a) il rendimento e il lavoro compiuto dal gas in un ciclo;
- (b) il rapporto tra il volume finale e quello iniziale nell'isoterma alla temperatura maggiore.

**Quesito 3** Dimostra che il lavoro compiuto da  $n$  moli di un *gas perfetto* durante un'espansione adiabatica reversibile che porta il gas dallo stato  $A$  allo stato  $B$  è dato dalla formula

$$W = \frac{p_A V_A}{\gamma - 1} \left[ 1 - \left( \frac{V_A}{V_B} \right)^{\gamma - 1} \right],$$

dove  $\gamma = \frac{C_P}{C_V}$  è il rapporto fra i calori molari rispettivamente a pressione costante e volume costante.

**Quesito 4** Una macchina termica  $M_1$  lavora fra due sorgenti  $S_A$  ed  $S_B$ , a temperature rispettivamente  $T_A > T_B$ , con un rendimento  $\eta_1$ .

Una seconda macchina termica  $M_2$  opera invece fra  $S_B$  e una terza sorgente  $S_C$ , che si trova a temperatura  $T_C < T_B$  con rendimento  $\eta_2$ .

Le due macchine vengono collegate in serie, nel senso che il calore rilasciato da  $M_1$  alla sorgente  $S_B$  viene integralmente utilizzato da  $M_2$ .

- (a) Fai uno schema del sistema.
- (b) Esprimi il rendimento del sistema formato dalle due macchine in funzione di  $\eta_1$  ed  $\eta_2$ .

Puoi supporre che  $M_1$  e  $M_2$  siano macchine di Carnot.

**Quesito 5** –

Una mole di gas perfetto subisce una trasformazione che nel piano  $V - p$  è descritta dalla retta rappresentata in figura, passando dallo stato  $A$  allo stato  $B$ . Determina

- (a) il lavoro compiuto dal gas durante la trasformazione;
- (b) l'equazione della retta  $AB$  nel piano  $V - p$ , esprimendo  $p$  come funzione di  $V$  lungo la trasformazione;
- (c) utilizza il precedente risultato per determinare la temperatura *massima* raggiunta dal gas durante la trasformazione.

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$$

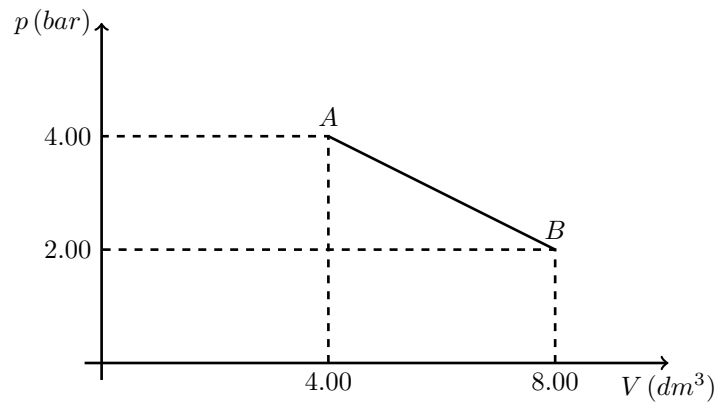


Figure 2:

**Quesito 6** Uno strumento a corda consente di suonare tutte le note della scala utilizzando una sola corda, semplicemente spostando la posizione del dito (della mano sinistra) in corrispondenza dei diversi “tasti”, che corrispondono ai vari modi di vibrazione della corda stessa.

Per esempio, la seconda corda di un violino accordato, suonata “a vuoto”, produce un La di frequenza  $440 \text{ Hz}$ ; se la corda viene premuta in successione sui diversi tasti, la frequenza del suono prodotto da due tasti adiacenti quando la si pizzica, aumenterà seguendo la legge

$$f_n = \sqrt[12]{2} f_{n-1},$$

secondo la quale il rapporto fra le frequenze di due semitoni successivi è costante e pari a  $\sqrt[12]{2}$ .

La lunghezza della corda di un violino è  $\ell_0 = 0.328 \text{ m}$ .

Considera costante la tensione della corda per tutte le note prodotte quando la si preme sui tasti.

- Utilizza la legge fornita per le frequenze corrispondenti a due successivi semitoni e ricava la relazione fra le corrispondenti lunghezze d'onda  $\lambda_n$  e  $\lambda_{n-1}$ .
- Trova poi le lunghezze d'onda fondamentali  $\lambda_0$  della corda suonata a vuoto e  $\lambda_1$  della corda quando viene premuta in corrispondenza del primo tasto.
- Calcola la distanza  $\ell_0 - \ell_1$ , dove  $\ell_1$  è la lunghezza in corrispondenza della quale la corda produce il suono di frequenza  $f_1$ ; generalizza la relazione trovando la distanza fra due tasti successivi  $\ell_n - \ell_{n+1}$ .