

Liceo Scientifico "E. Fermi" - Bologna

Prova comune di Fisica per le classi quarte

18 maggio 2016

Cognome:..... Nome:..... Classe.....

Risolvi i due problemi e tre dei sei quesiti proposti

(indicare i quesiti da correggere nella tabella in alto a pag. 4, verranno corretti SOLO quelli)

Per ottenere il massimo del punteggio dovrai risolvere i quesiti che richiedono risposte numeriche impostando la soluzione prima dal punto di vista algebrico, trovando la formula risolutiva da utilizzare.

Per tutti i quesiti indica i principi applicati e commenta i passaggi salienti, accompagnando eventualmente lo sviluppo con disegni rappresentanti le situazioni descritte.

Si scrivano i risultati con un numero di cifre significative appropriato

Puoi usare la tua calcolatrice programmabile

Tabella riservata all'insegnante per la correzione

	P1	P2	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Punteggio totale	Voto
Punti	29	29	14	14	14	14	14	14	100	

Il punteggio viene attribuito in base alla correttezza e completezza della risoluzione dei vari problemi/quesiti, nonché alle caratteristiche dell'esposizione (chiarezza, ordine, struttura)

Problema 1

Le prime macchine termiche furono costruite alla fine del 1600. La macchina di Stirling fu brevettata nel 1816 dal ministro della chiesa scozzese Robert Stirling e funzionava con aria calda in grado di trasformare in lavoro parte dell'energia liberata dalla combustione esterna di un carburante impiegato per riscaldare l'aria.

Un motore Stirling a gas He è progetto per generare energia elettrica e fornire acqua calda ad una abitazione privata. Il motore è composto da 2 pistoni contenuti in un cilindro. Il pistone di Potenza comprime ed espande periodicamente il gas. Il pistone di Spostamento divide il gas espanso caldo che si trova in V_A dal gas compresso che si trova in V_B ed ha il compito di trasferire il gas dalla parte superiore del cilindro a quella inferiore e viceversa attraverso una cavità assiale. Attorno al cilindro ci sono il riscaldatore, il rigeneratore e il refrigeratore. Il gas impiegato è sigillato dentro al pistone di potenza. Al gas motore vengono fatti fare diversi cicli al secondo. L'He ha un'elevata conducibilità termica rispetto all'aria in modo da consentire al sistema un'elevata efficienza. Il ciclo termico ideale di un motore Stirling (vedi figura a lato) è composto dalle seguenti fasi:

FASE 1: compressione isoterma a $T_A=50.0^\circ\text{C}$, durante la quale è ceduto calore Q_{AB} all'acqua di raffreddamento. Il pistone di Spostamento si trova nella parte alta del cilindro, mentre il pistone di Potenza si muove verso l'alto e produce una compressione del gas che trovandosi a contatto alla parte raffreddata ad acqua risulta isoterma. Lo stato A è definito da un volume massimo di 650 cm^3 e da una pressione di 10.0 bar;

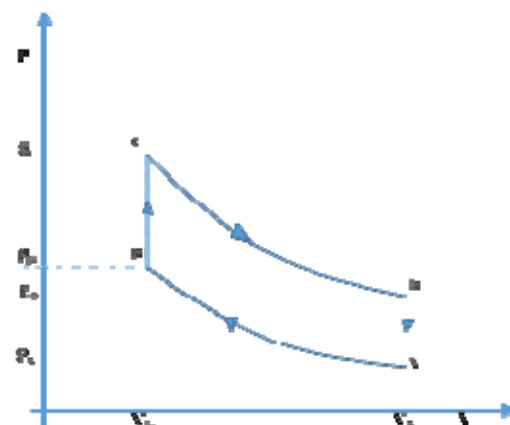
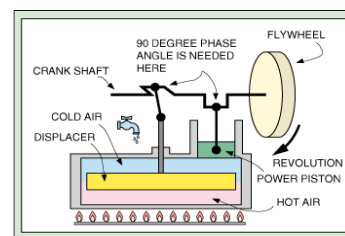
FASE 2: trasformazione isocora durante la quale il sistema assorbe il calore Q_{BC} dal rigeneratore. Il pistone di Spostamento si muove verso il basso facendo passare il gas dalla parte inferiore del cilindro alla parte superiore riscaldata, aumentando la temperatura. Lo stato B è definito da un volume minimo di 550 cm^3 . Questo volume minimo è detto spazio morto.

FASE 3: espansione isoterma a $T_C=500^\circ\text{C}$, durante il gas assorbe calore Q_{CD} dal riscaldatore. Il pistone di Potenza scende verso il basso, mentre il pistone di Spostamento rimane fermo ed il gas assorbe calore dal riscaldatore espandendosi a temperatura costante;

FASE 4: viene spostato il gas a volume costante e ceduto calore Q_{DA} al rigeneratore. Il pistone di spostamento ritorna verso l'alto, mentre il pistone di Potenza è fermo (trasformazione isocora) ed il gas è nuovamente a contatto con il refrigeratore tornando alla temperatura iniziale. Considera l'He un gas ideale e monoatomico

(massa molare $M = 4.002602 \frac{\text{g}}{\text{mol}}$), per la costante dei gas utilizza $R = 8.31 \frac{\text{J}}{\text{mol} \cdot \text{K}}$

- Determina la massa del gas He in kg impiegato dal motore.
- Determina le coordinate termodinamiche dei 4 stati.
- Determina il lavoro netto in kJ per ogni ciclo e la potenza in uscita prodotta dal motore, supponendo una frequenza di 50 cicli al secondo.
- Determina il calore assorbito durante l'espansione isoterma e la potenza ceduta durante la compressione isoterma.
- Valuta l'efficienza termica.
- Determina la quantità di calore Q_{BC} trasferita al gas che passa attraverso il generatore (processo BC).



Problema 2

Nel 1974 alcuni fisici bolognesi, Merli, Missiroli e Pozzi, realizzarono un esperimento che il Premio Nobel per la Fisica Richard Feynmann aveva giudicato irrealizzabile. Esso consisteva nella dimostrazione del comportamento sia corpuscolare che ondulatorio di particelle elementari, nel caso specifico elettroni. Infatti era noto da tempo che la Meccanica Quantistica prevedeva che ad ogni oggetto quantistico fosse associato un comportamento sia corpuscolare che ondulatorio, il cosiddetto dualismo onda-particella, con lunghezza d'onda $\lambda = \frac{h}{m_e V_0}$ (lunghezza

d'onda di De Broglie), con $h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$ (costante di Planck),

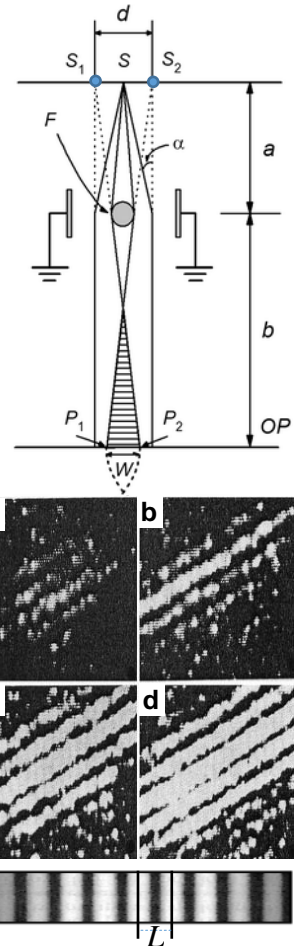
$m_e = 9.11 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ (massa dell'elettrone), V_0 velocità dell'elettrone. Un fascio di

elettroni si dovrebbe quindi comportare come un'onda monocromatica. Trascurando i dettagli di funzionamento, nell'apparato di Merli, Missiroli e Pozzi (vedi figura in alto) la sorgente S e il componente F generano le sorgenti S_1 e S_2 poste a distanza $d = 10.0 \mu\text{m}$ l'una dall'altra, che producono su uno schermo posto davanti alle sorgenti a distanza $a+b$ ($a = 10.0 \text{ cm}$, $b = 24.0 \text{ cm}$) una figura di interferenza nella zona W. L'immagine mostra inequivocabilmente che collettivamente gli elettroni producono una tipica figura d'interferenza (il sistema di frange d'interferenza sempre più visibile nelle immagini [a], [b], [c] e [d]), ogni coppia contigua di frange d'interferenza è separata dalla distanza $L = 275 \text{ nm}$ (vedi immagine in basso).

Essendo gli angoli molto piccoli puoi usare l'approssimazione $\sin(\theta) \approx \theta \approx \tan(\theta)$.

Rispondi alle seguenti domande:

- Descrivi le caratteristiche generali che devono avere le sorgenti d'onda S_1 e S_2 per produrre interferenza.
- Sfruttando le relazioni che individuano nella zona W la posizione dei massimi della figura d'interferenza determina la velocità V_0 dell'elettrone.
- Determina la lunghezza d'onda di De Broglie associata all'elettrone.
- A parità di velocità V_0 , se le particelle usate nell'esperimento fossero protoni di $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ come cambierebbe la figura d'interferenza nella zona W? Le frange d'interferenza sarebbero più vicine o più lontane? (motiva la risposta)
- A parità di energia (considera la formula classica dell'energia cinetica $\frac{1}{2}mV^2$), se le particelle usate nell'esperimento fossero protoni come cambierebbe la figura d'interferenza nella zona W? Le frange d'interferenza sarebbero più vicine o più lontane? (motiva la risposta)





INDICA QUI I TRE QUESITI CHE DEVONO ESSERE CORRETTI E VALUTATI,
I QUESITI NON INDICATI IN TABELLA NON SARANNO VALUTATI



Quesito n. __	Quesito n. __	Quesito n. __
---------------	---------------	---------------

Quesito 1

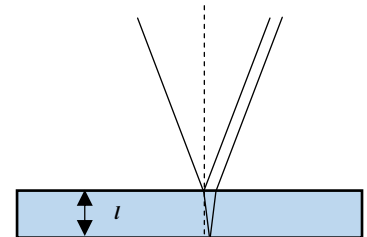
Due cilindri termicamente isolanti, chiusi da pistoni di massa trascurabile, contengono entrambi un gas perfetto biatomico, inizialmente alla temperatura di 300 K e a una pressione pari a 4 volte quella atmosferica. Sollevando lentamente il pistone del primo cilindro, il gas si espande adiabaticamente ed in modo reversibile fino alla pressione atmosferica. Il gas del secondo cilindro viene fatto espandere in modo irreversibile lasciando libero il pistone. Determina la temperatura finale di entrambi i cilindri. ($p_{\text{atm}} = 1,013 \times 10^5 \text{ Pa}$)

Quesito 2

A un venditore di automobili è stato proposto di acquistare una nuova macchina che funziona con un motore Stirling. Illustrando le potenzialità della nuova macchina, i commercianti asseriscono che il ciclo di Stirling impiegato assorbe una quantità di calore pari a 1,35 kJ da un serbatoio alla temperatura di 650 K e cede calore pari a 0,650 kJ alla temperatura di 330 K. Gli ingegneri del venditore di automobili gli sconsigliano l'acquisto. Perché? Supponendo che i commercianti non abbiano mentito riguardo alle temperature e alla quantità di calore assorbita, determina la quantità minima di calore che la macchina cede.

Quesito 3

Su una lamina sottile di spessore l incide un raggio di luce di lunghezza d'onda $\lambda = 575 \text{ nm}$. L'indice di rifrazione del materiale della lamina è $n = 1.6$. Determina lo spessore minimo ammissibile della lamina se viene prodotta interferenza costruttiva.



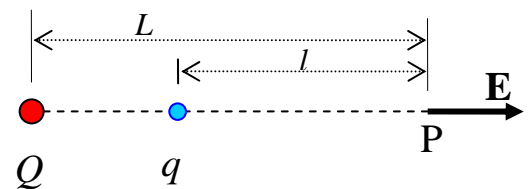
Quesito 4

Su un reticolo di diffrazione da $n = 500 \frac{\text{linee}}{\text{mm}}$ viene inviato un raggio bicolore le cui componenti cromatiche sono $\lambda_B = 400 \text{ nm}$ (blu) e $\lambda_R = 650 \text{ nm}$ (rosso). Il massimo centrale è dato dalla somma dei due colori, determina gli ordini della prima occorrenza dei massimi secondari per λ_B e λ_R che individuano la direzione in cui nuovamente i due colori si sommano.

Quesito 5

Due cariche elettriche puntiformi Q e q generano nel punto P, in linea con Q e q , un campo elettrico \mathbf{E} di intensità $E = 1,00 \times 10^4 \text{ V/m}$.

q ha una carica di $-11,1 \text{ nC}$ e dista $l = 12,5 \text{ cm}$ da P. Senza muovere Q , si vuole trovare una nuova posizione di q , tra Q e P, tale che il campo elettrico in P risulti nullo.



Quesito 6

In un esperimento di interferenza alla Young, si ha una distanza $d = 0.100 \text{ mm}$ tra le due fenditure, e lo schermo è posto a $20,0 \text{ cm}$ da esse. Si osserva che la distanza sullo schermo tra i due massimi di ordine $m = \pm 10$, nella figura di interferenza generata da luce monocromatica, vale $24,5 \text{ mm}$. Si calcoli la lunghezza d'onda della radiazione e la larghezza delle frange luminose.