

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni** 24 Luglio 2018

Docenti: *Luigi Guzzo e Alberto Vailati*

Es. 1. Sia data la seguente espressione dell'energia potenziale per un sistema con un grado di libertà posizionale x :

$$U(x) = \hat{U} e^{\frac{x^2}{a^2}}$$

dove $a = 1 \text{ m}$ e \hat{U} ha le dimensioni di un'energia.

- a) Si determini il valore di \hat{U} per il quale l'energia potenziale dà luogo a un moto armonico semplice per piccole oscillazioni in un intorno di $x=0$, con costante elastica pari a 2 N/m . [**$\hat{U} = 1 \text{ J}$**]
- b) Per il moto armonico trovato nel punto a), si scriva la legge oraria del moto per una massa puntiforme $m=1 \text{ kg}$ che risenta unicamente dell'energia potenziale trovata, determinando il valore numerico di tutti i parametri. Si assuma che la posizione iniziale del corpo sia 1 cm e che nell'istante iniziale l'energia meccanica totale del sistema sia il doppio dell'energia potenziale. Si assuma che la velocità iniziale del corpo sia negativa.
[**$x(t) = A \sin(\omega_0 t + \phi)$, $A = 1.41 \text{ cm}$, $\omega_0 = 1.41 \text{ rad/s}$, $\phi = 45^\circ$]**
- c) Si determini la costante di smorzamento del moto, supponendo ora che sia presente uno smorzamento tale da ridurre del 3% l'energia totale del sistema dopo 100 cicli. [**$\gamma = 3.41 \times 10^{-5} \text{ 1/s}$**]

Es. 2. Una canna d'organo, che opera alla temperatura di 30°C , è accordata per emettere sull'armonica fondamentale una frequenza pari a 124 Hz (Si2). Sapendo che tra le armoniche emesse dalla canna non esiste il Si4 (494 Hz) e che la densità dell'aria è 1.22 kg/m^3 , determinare:

- a) la lunghezza della canna giustificando la risposta; [**aperta/chiusa, $L = 0.70 \text{ m}$**]
- b) a quale distanza deve porsi un ascoltatore per percepire un livello sonoro pari a 70 dB , sapendo che la potenza è emessa in un angolo solido di 2π steradiani ed è pari a 0.20 W ; [**56.4 m**]
- c) il livello sonoro percepito da un ascoltatore alla stessa distanza dalla sorgente ricavata nel punto b), ma tenendo conto anche dell'attenuazione dell'aria, con coefficiente di attenuazione pari a 5 dB/km . [**$L = 69.7 \text{ dB}$**]

Es. 3. Un sottile strato antiriflesso di fluoruro di magnesio ($n=1.34$) viene depositato su una lastra di vetro ($n=1.60$). Lo spessore dello strato viene determinato in modo da avere interferenza distruttiva tra le due onde riflesse, per incidenza normale in corrispondenza della lunghezza d'onda $\lambda = 600 \text{ nm}$. In queste condizioni determinare:

- a) lo spessore minimo dello strato affinché la luce riflessa dalla sua superficie a contatto con l'aria interferisca distruttivamente con quella riflessa all'interfaccia strato-vetro; [**111.9 nm**]
- b) l'intensità dell'onda riflessa complessivamente dallo strato antiriflesso, normalizzata a quella dell'onda incidente; [**9.4×10^{-6}**]

Es. 4. Un piccolo oggetto è posto sull'asse ottico di una lente simmetrica con lunghezza focale $f_1 = -40 \text{ cm}$ e, dalla parte opposta rispetto all'oggetto, viene posto uno specchio con lunghezza focale $f_s = 40 \text{ cm}$. Sapendo che la distanza tra l'oggetto e la lente è pari a 40 cm e quella tra l'oggetto e lo specchio è pari a 90 cm , determinare:

- a) i raggi di curvatura dei due elementi ottici del sistema, sapendo che l'indice di rifrazione della lente è pari a 1.5 ; [**lente: $R_1 = -R_2 = -40 \text{ cm}$, specchio: $R = 80 \text{ cm}$**]
- b) la natura, la posizione e l'ingrandimento dell'immagine formata dal sistema ottico specchio+lente; [Immagine virtuale. $q_1 = 72 \text{ cm}$, $m_1 = -0.8$, $p_2 = 58 \text{ cm}$, **$q_2 = -23.7 \text{ cm}$** , $m_2 = 0.41$, **$m_{\text{tot}} = -0.33$**]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

9 Luglio 2018

Docenti: *Luigi Guzzo e Alberto Vailati*

- 1) Una massa $M = 10.00$ kg si trova tra due muri paralleli ed è appoggiata ad un piano su cui scorre senza attrito. La massa è connessa al muro di sinistra tramite due molle di costante elastica $k_a = k_b = 10.0$ N/m e al muro di destra tramite una molla di costante k_c ignota. Tutte le molle sono perpendicolari al muro alle quali sono ancorate. Sapendo che il periodo con cui oscilla la massa è pari a $T = 3.14$ s, e che la velocità massima da lei raggiunta è pari a $|v| = 1.00$ m/s determinare:
 - a. **la costante elastica k_c ; [20 N/m]**
 - b. **l'equazione del moto e la legge oraria nel caso in cui l'oggetto al tempo $t=0$ sia fermo con valore di x positiva, indicando il valore di tutti i parametri presenti; [$A=0.500$ m, $\omega_0=2.00$ rad/s]**
 - c. **l'energia totale del sistema. [5.00 J]**

- 2) Un ufficiale della Flotta Stellare si muove in un corridoio lungo 100 m. All'estremità opposta del corridoio si trova un alieno fermo che ha come unico mezzo di percezione un sistema di ecolocalizzazione Doppler (sonar), che emette un suono costante monocromatico a frequenza 1000 Hz e rileva la frequenza riflessa dagli oggetti circostanti. Gli alieni attaccano ogni oggetto che il loro sonar indichi essere in movimento. Sapendo che la temperatura della stanza è di 40 °C e che la minima differenza di frequenza che gli alieni possono percepire è 1 Hz, determinare:
 - a. **La frequenza percepita dall'ufficiale quando si muove verso l'alieno a 2.00 m/s; [1006 Hz]**
 - b. **La frequenza percepita dall'alieno nell'onda riflessa nelle condizioni del punto a); [1011 Hz]**
 - c. **Il tempo minimo che deve impiegare l'ufficiale per percorrere l'intero corridoio senza essere attaccato dall'alieno. [564s]**

- 3) Un reticolo di diffrazione a trasmissione è largo 5.00 cm e contiene 5000 fenditure. Sapendo che utilizzando un laser con lunghezza d'onda pari a 454.6 nm, su uno schermo posto alla distanza di 2.0 m si osservano 7 picchi di interferenza nel massimo centrale di diffrazione, determinare:
 - a. **la distanza tra le fenditure e stimare la loro larghezza; [10.0 micron, 2.5 micron]**
 - b. **la posizione sullo schermo del 1° e del 2° massimo di interferenza e la loro semi ampiezza angolare; [9.1 cm, 18.3 cm, 9.10×10^{-6} rad, 9.13×10^{-6} rad]**
 - c. **l'intensità, relativa al massimo centrale, dei picchi del 1° e del 2° ordine. [0.81, 0.41]**

- 4) Un piccolo oggetto di altezza 1.0 cm è posto a una distanza $2f$ da una lente convergente L_1 di lunghezza focale $f=50$ cm. L'oggetto è posto alla sinistra della lente L_1 . Alla destra di L_1 è posta una lente divergente L_2 di focale $-f$. Determinare la posizione e l'ingrandimento dell'immagine nelle seguenti configurazioni, accompagnando le soluzioni con le relative costruzioni:
 - a. **la distanza tra le lenti sia pari a $4f$; [$q_2 = -33$ cm, $m = 1/3$]**
 - b. **la distanza tra le lenti sia pari a $f/2$. [$q_2 = -1.5$ m, $m = 2$]**

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

19 giugno 2018

Docenti: *Luigi Guzzo e Alberto Vailati*

- Una sirena emette un'onda acustica con una potenza di 0,80 W e una frequenza di 440 Hz entro un angolo solido di π steradiani. La temperatura dell'aria è pari 25°C. Sapendo che un ascoltatore fermo percepisce un livello sonoro di 50,0 dB, determinare:
 - la distanza dalla sorgente alla quale si trova l'ascoltatore, trascurando l'attenuazione per assorbimento da parte dell'aria; [1600 m]
 - l'intensità percepita dall'ascoltatore alla distanza dalla sorgente calcolata in a) in presenza di un assorbimento per attenuazione pari a 3 dB/km; [$3,32 \times 10^{-8}$ W/m²]
 - la frequenza percepita dall'ascoltatore nel caso in cui sia in moto verso la sorgente con una velocità di 108 km/h. [478 Hz]
- Un lungo corridoio è chiuso ai suoi estremi da due grandi finestrate apribili. Il corridoio presenta due frequenze di risonanza pari a 65.0 Hz e 104 Hz. Sapendo che la pressione e la densità dell'aria sono pari rispettivamente a $P=1,00 \times 10^5$ Pa e $\rho=1,26$ kg/m³ e indicando tutte le soluzioni compatibili con i dati del problema, determinare:
 - se le finestrate sono aperte o chiuse; [aperta-aperta oppure chiusa-chiusa]
 - la lunghezza minima del corridoio; [12,8 m]
 - la lunghezza d'onda e la frequenza del primo modo normale udibile associate al dato trovato nel punto b), rappresentando anche graficamente le onde stazionarie di spostamento e di pressione. [12,8 m, 26 Hz]
- Due fenditure identiche sono poste, l'una rispetto all'altra, a una distanza pari a cinque volte la loro larghezza. La doppia fenditura viene illuminata con luce monocromatica con lunghezza d'onda $\lambda=600$ nm. Su di uno schermo posto a distanza $D=1,00$ m dalla fenditura si osserva che il terzo massimo di interferenza si trova a 1,00 cm dal massimo centrale.
Determinare:
 - quanti massimi di interferenza sono visibili nel massimo centrale di diffrazione. [9]
 - Determinare la larghezza e la distanza delle fenditure [$d=180 \mu\text{m}$, $a=36 \mu\text{m}$]
- Si deve creare l'immagine di un oggetto su di uno schermo posto a 50 cm di distanza. Si dispone delle seguenti lenti:
 - lente a: Piano-convessa di vetro ($n=1,5$) con $|R|=5$ cm
 - lente b: biconvessa simmetrica di vetro ($n=1,5$) con $|R|=50$ cm
 - lente c: biconcava simmetrica di vetro ($n=1,5$) con $|R|=10$ cmDeterminare:
 - la posizione dei fuochi e il tipo di lente per tutte e tre le lenti in oggetto [$f_a=10$ cm, $f_b=50$ cm, $f_c=-10$ cm]
 - quale delle tre lenti permette di creare un'immagine nitida e capovolta dell'oggetto sullo schermo, e indicare tutte le posizioni possibili per ottenere il risultato desiderato. [lente a, $p_1=36,1$ cm o $p_2=13,81$ cm]

Seconda prova in itinere di **Onde e Oscillazioni**

19 giugno 2018

Docenti: *Luigi Guzzo e Alberto Vailati*

1) Tra due blocchi di vetro ($n=1,70$) è presente un sottile strato di acqua ($n=1,33$, spessore $1,00 \mu\text{m}$ costante). Se lo strato d'acqua viene illuminato perpendicolarmente da una luce bianca, determinare:

- quali lunghezze d'onda nel visibile risultano particolarmente evidenti nella luce trasmessa [667 nm, 533 nm, 444 nm, 381 nm]
- quali lunghezze d'onda nel visibile risultano particolarmente evidenti nella luce riflessa [593 nm, 484 nm, 410 nm, (355 nm)]
- Se si illumina lo stesso strato con una luce monocromatica di lunghezza d'onda 533 nm, qual è la frazione di intensità luminosa riflessa rispetto a quella incidente? (si trascurino le riflessioni multiple) [3×10^{-6}]

2) Si deve creare l'immagine di un oggetto su di uno schermo posto a 50 cm di distanza. Si dispone delle seguenti lenti:

lente a: Piano-convessa di vetro ($n=1,5$) con $|R|= 5\text{cm}$

lente b: biconvessa simmetrica di vetro ($n=1,5$) con $|R|= 50\text{cm}$

lente c: biconcava simmetrica di vetro ($n=1,5$) con $|R|=10\text{cm}$

- Determinare la posizione dei fuochi e il tipo di lente per tutte e tre le lenti in oggetto [$f_a=10\text{ cm}$, $f_b=50\text{ cm}$, $f_c= -10\text{cm}$]
- Determinare quale delle tre lenti permette di creare un'immagine nitida e capovolta dell'oggetto sullo schermo, e indicare tutte le posizioni possibili per ottenere il risultato desiderato. [lente a, $p_1= 36,1\text{ cm}$ o $p_2= 13,81\text{cm}$]
- Determinare l'ingrandimento risultante in tutte le posizioni trovate nel punto b) [-0,38 o -2,61]

3) Due fenditure identiche sono poste l'una rispetto all'altra a una distanza pari a cinque volte la loro larghezza. La doppia fenditura viene illuminata con luce monocromatica con lunghezza d'onda $\lambda=600\text{ nm}$. Su di uno schermo posto a distanza $D=1,00\text{ m}$ dalla fenditura si osserva che il terzo massimo di interferenza si trova a $1,00\text{ cm}$ dal massimo centrale.

- Determinare quanti massimi di interferenza sono visibili nel massimo centrale di diffrazione. [9]
- Determinare la larghezza e la distanza delle fenditure [$d=180 \mu\text{m}$, $a=36 \mu\text{m}$]
- Inserendo davanti alle fenditure due sottili lamine di vetro ($n=1,5$) di spessore diverso, si osserva che il massimo centrale si sposta sullo schermo di $4,00\text{ cm}$. Cosa si può dire riguardo allo spessore delle due lamine? Giustificare e quantificare la risposta. [Si può determinare la differenza di spessore tra le due lamine, pari a $14,6 \mu\text{m}$]

1^a prova scritta in itinere di **Onde e Oscillazioni**

23 aprile 2018

Docenti: *Luigi Guzzo e Alberto Vailati*

1. Siano date le seguenti espressioni dell'energia potenziale per un sistema con un grado di libertà posizionale x :

$$U_1(x) = U_0 \sin^4(x/a); \quad U_2(x) = U_0 [1/6(x/a-1)^6 + 1/3(x/a-1)^3]; \quad U_3(x) = U_0 [-(x/a)^2 + 1]$$

dove $a = 1 \text{ m}$, $U_0 = 1 \text{ J}$

- Si determini quali di queste energie potenziali danno luogo ad un moto armonico semplice per piccole oscillazioni in un intorno di $x=0$, indicando anche il valore della costante elastica. [solo U_2 è armonico, 3N/m]
- Per i moti armonici trovati nel punto a), si scrivano le leggi orarie del moto per una massa puntiforme $m=3 \text{ kg}$ che risenta unicamente delle energie potenziali trovate, determinando il valore numerico di tutti i parametri. Si assuma che nell'istante iniziale l'energia totale del sistema sia puramente cinetica e pari a 0.05 J e che la velocità iniziale del corpo sia positiva. [$x(t) = A \sin(\omega_0 t + \varphi)$; $A = 18,3 \text{ cm}$, $\omega_0 = 1 \text{ rad/s}$, $\varphi = 0$]
- Si determini nuovamente la legge oraria del moto, supponendo ora che sia presente uno smorzamento tale da ridurre del 2% l'energia totale del sistema dopo 20 cicli. [$x(t) = A \exp(-\gamma t) \sin(\omega_0 t + \varphi)$; $\gamma = 8.04 \times 10^{-5} \text{ s}^{-1}$, $\omega \approx \omega_0 = 1 \text{ rad/s}$, $\varphi = 0$]

2. Il 23 Gennaio 1960 il batiscafo Trieste, con a bordo Jacques Piccard e Don Walsh, si inabissò fino al punto più profondo della fossa delle Marianne, a 11000 metri dalla superficie. Durante tutta la discesa il batiscafo manteneva il contatto con la nave appoggio, posto verticalmente sopra di lui, emettendo un segnale sonoro a frequenza 4000 Hz entro un angolo solido di π steradiani centrato in direzione della nave. Sapendo che la discesa ha richiesto 4h e 47 minuti a velocità costante e che una volta arrivati sul fondo i segnali impiegavano 7s per raggiungere la superficie calcolare, assumendo che la velocità del suono in acqua non dipenda dalla profondità:

- la lunghezza d'onda del segnale emesso dal batiscafo. La frequenza percepita dalla nave è sostanzialmente diversa da quella emessa dal batiscafo mentre si inabissa? Giustificare la risposta. [0,393 m, No]
 - La potenza minima che deve avere il generatore di segnale del batiscafo una volta raggiunto il fondale per esser ricevuto dalla nave, sapendo che il rumore di fondo del mare ha un livello sonoro pari a 80 dB. Trascurare l'attenuazione dell'acqua e considerare che per il calcolo del livello sonoro in acqua si prende come intensità di riferimento (soglia minima percettibile) $6,67 \times 10^{-19} \text{ W/m}^2$ [25 mW]
 - Un palombaro che presta assistenza lungo la linea di discesa è dotato di uno strumento per misurare il livello sonoro emesso dal batiscafo posizionato sul fondo della fossa. Aumentando la sua profondità di 100m, il palombaro percepisce una variazione di livello sonoro di 0,08 dB. Determinare la profondità finale del palombaro [193m]
3. Due spezzoni di corda semi-infiniti sono giuntati. Sullo spezzone a sinistra propaga un'onda armonica verso la giunzione, con potenza media pari a 9 W. Sapendo che si genera un'onda riflessa di potenza pari a 4 W e sapendo che la frequenza dell'onda incidente è pari a 10 Hz, che la lunghezza d'onda incidente è pari a 10 m e che l'ampiezza dell'onda incidente è pari a 10 cm, determinare:
- la tensione dei due spezzoni di corda; [$T = 45.6 \text{ N}$]
 - tutti i possibili valori di densità delle due corde determinabili sulla base dei dati forniti [$\rho_1 = 4.56 \text{ g m}^{-1}$ $\rho_2 = 0.182 \text{ g m}^{-1}$ o $\rho_2 = 0.114 \text{ g m}^{-1}$]

c. le funzioni d'onda incidente, riflessa, trasmessa, in tutti i casi trovati al punto b, indicando tutti i valori numerici dei parametri. [$\psi_i=A_i \cos(k_1z-\omega t)$, $\psi_r=A_r \cos(k_1z+\omega t+\varphi)$, $\psi_t=A_t \cos(k_2z-\omega t)$]
 $A_i=10\text{cm}$ $A_r=6.67\text{cm}$ $A_t=16.7\text{cm}$ o $A_t=3.33\text{cm}$ $k_1=0.63\text{ m}^{-1}$ $k_2=0.126\text{m}^{-1}$ o $k'_2=3.14\text{m}^{-1}$, $\omega=62.83\text{ rad s}^{-1}$, $\varphi=0$ o $\varphi=\pi$]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

21 febbraio 2018

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa $M = 10.00$ kg è collegata a due molle contrapposte e compie un moto oscillatorio smorzato con periodo $T = 3.14$ s. Sapendo che: i) le costanti elastiche k_1 e k_2 delle due molle sono legate dalla relazione $k_2 = 3 k_1$, ii) all'istante $t=0$ la velocità della massa è $v(0) = 4,0$ m/s e l'energia totale del sistema è $E(0) = 80$ J, iii) l'ampiezza dell'oscillazione dopo 10 secondi vale $A(10s)=50$ cm, determinare
 - le costanti elastiche k_1 e k_2 delle due molle [$k_1 = 10$ N/m, $k_2 = 30$ N/m]
 - l'equazione del moto, indicando il valore di tutti i parametri presenti [$\gamma=0.14$ s⁻¹, $\omega \sim \omega_0=2$ rad/s]
 - la legge oraria, indicando il valore di tutti i parametri presenti [$x(t) = A(0) e^{-\gamma t} \sin(\omega t)$, $A(0) = 2.00$ m]
 - la velocità della massa oscillante al tempo $t=10s$. [$v(t) = 0.4$ m/s]
- Una canna d'organo è accordata per emettere sull'armonica fondamentale una frequenza pari 110 Hz. Sapendo che tra le armoniche emesse dalla canna non può esistere quella di frequenza 880 Hz, che la temperatura dell'aria è di 25° C e la sua densità è 1.24 kg/m³, determinare:
 - Il tipo di canna e la sua lunghezza, giustificando la risposta; [aperta/chiusa, $L = \lambda_1/4 = 0.79$ m]
 - il livello sonoro percepito da un ascoltatore a 40 m dalla canna, sapendo che la potenza è emessa in un angolo solido di π steradiani ed è pari a 100 mW; [$I = 20 \cdot 10^{-5}$ W/m², $L = 73.0$ dB]
 - L'ampiezza dell'onda di pressione nella posizione dell'ascoltatore, supponendo che l'onda trasporti solo la fondamentale. [$\delta p_m = 0.13$ Pa]
- Una lente biconcava L_1 è posta alla sinistra di una lente piano-convessa L_2 . Entrambe le lenti sono costituite da vetro con indice di rifrazione $n = 1.5$ e tutte le loro superfici presentano un raggio di curvatura di modulo $|R| = 10$ cm. La prima lente è posta a una distanza di 10 cm da un oggetto posto alla sua sinistra. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche, determinare:
 - la posizione dei fuochi delle due lenti; [$f_1 = -10$ cm, $f_2 = 20$ cm]
 - la posizione e l'ingrandimento dell'immagine quando le lenti sono poste ad una distanza di 10 cm tra loro; [$q = -60$ cm (-50 cm rispetto a L_1), $m_1 = 0.5$, $m_2 = 4$, $m_{tot} = 2$]
 - la distanza alla quale devono essere poste le due lenti affinché l'ingrandimento complessivo del sistema ottico sia $m_{tot} = -1$. [$d = 25$ cm]
- Una doppia fenditura, formata da due fenditure di uguale larghezza e posta a 3.00 m da uno schermo, viene illuminata da luce monocromatica di lunghezza d'onda pari a 632 nm. Sullo schermo risultano chiaramente distinguibili 17 massimi di interferenza adiacenti, posti alla distanza di 1.00 cm l'uno dall'altro. Sulla base dei dati determinare:
 - la distanza tra le fenditure e la loro larghezza approssimativa; [$d = 190$ μ m, $a \approx 21$ μ m]
 - L'espressione analitica dell'intensità sullo schermo definendo le grandezze che vi compaiono.
$$I(\theta) = I_0 (\cos \beta)^2 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2 ; I_0 = 4 I_1 ; \beta = \frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta ; \alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta$$
 - la posizione, rispetto al centro dello schermo, dei massimi di interferenza e dei minimi di diffrazione, entrambi del primo ordine, sul piano focale di una lente convergente collocata a ridosso della doppia fenditura e avente focale = 40 cm. [$y_{1,int} = \pm 1.33$ mm, $y_{1,diff} = \pm 12$ mm]Indicare se la lente cambia a meno la posizione angolare dei massimi e dei minimi, di diffrazione e interferenza, giustificando la risposta. [le posizioni angolari non cambiano]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni** 30 gennaio 2018

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un reticolo di diffrazione largo 2.5 cm è illuminato da una radiazione monocromatica di lunghezza d'onda 600 nm. Le fenditure sono separate di 5 μm , larghe 1 μm ed uno schermo centrato è posto ad una distanza di 1 m dalle fenditure. Determinare:
 - la distanza sullo schermo tra il 1° e il 4° massimo di interferenza; [$\Delta y_{61} = 0.426 \text{ m}$]
 - la larghezza angolare del 1° e del 4° massimo di interferenza; [$\delta\theta_1 = 2.4 \cdot 10^{-5}$, $\delta\theta_6 = 2.7 \cdot 10^{-5}$]
 - l'intensità relativa, rispetto a quella del massimo centrale, del 4° e del 5° massimo di interferenza. [$I_4/I_0 = 5.5 \cdot 10^{-2}$, $I_5/I_0 = 0$]
- Una massa oscillante di 500 g è collegata ad una molla con costante elastica $k = 5.00 \cdot 10^3 \text{ N/m}$. Sapendo che all'istante $t=0$: i) la massa si sta spostando da x positiva verso la posizione di equilibrio, ii) l'energia totale è pari a 25.0 J, iii) l'energia potenziale elastica è pari a 9.0 J, e iv) l'energia complessiva del sistema diminuisce dello 2% ogni ciclo completo di oscillazione, determinare:
 - la posizione della massa all'istante iniziale; [$x(0) = 6.00 \text{ cm}$]
 - la legge oraria del moto, indicando il valore di tutte le grandezze che in essa compaiono; [$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t + \varphi_{\sin}) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \varphi_{\cos})$, $x_m = 10.0 \text{ cm}$, $\gamma = 1.61 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$, $\omega = \omega_0 = 100.0 \text{ s}^{-1}$, $\varphi_{\sin} = 2.50 \pm 2\pi = 143^\circ \pm 360^\circ$, $\varphi_{\cos} = 0.927 \pm 2\pi = 53.1^\circ \pm 360^\circ$]
 - la posizione della massa all'istante $t = 0.20 \text{ s}$; [- 4.7 cm]
 - l'energia totale del sistema e l'ampiezza dell'oscillazione dopo 50 cicli. [9.1 J, 6.0 cm]
- Un altoparlante ha una superficie di 200 cm^2 ed emette un'onda sonora con potenza media pari a 10W, distribuita uniformemente all'interno di un angolo solido $\Sigma = \pi/4$ steradiani. Sapendo che l'aria ha una temperatura di 20 °C, una densità $\rho_a = 1.25 \text{ kg/m}^3$ e produce un'attenuazione del suono pari a -5 dB/km, determinare:
 - il livello sonoro alla superficie dell'altoparlante; [$L_0 = 147 \text{ dB}$]
 - il livello sonoro percepito alla distanza di 80 metri; [$L_{80\text{m}} = 93.0 \text{ dB}$]
 - l'ampiezza dell'onda di pressione alla distanza di 1 km. [$\delta p_{1\text{km}} = 104 \text{ mPa}$]
- Una superficie sferica separa localmente due regioni di spazio con indice di rifrazione rispettivamente $n_1=1$ e $n_2=1.5$. Un piccolo oggetto luminoso è posto sull'asse ottico della superficie diottrica, nella regione n_1 , ed alla distanza di 6.00 cm dalla stessa. Sapendo che il diottrico forma un'immagine reale alla distanza di 9.00 cm dal suo vertice, dopo aver specificato con chiarezza le convenzioni di segno, determinare:
 - il raggio di curvatura della superficie sferica del diottrico; [$R = 1.50 \text{ cm}$]
 - la posizione dei due fuochi del diottrico; [$f_1 = 3.00 \text{ cm}$, $f_2 = 4.50 \text{ cm}$]
 - la magnificazione trasversale; [$m_t = -1$]
 - costruire graficamente l'immagine, verificando la consistenza tra le posizioni di oggetto, immagine e fuochi.

5^a prova scritta di **Onde e Oscillazioni è posto**

15 settembre 2017

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un paracadutista si lancia da una mongolfiera ferma all'altitudine di 1000 m. Egli procede in caduta libera fino a quando non apre il paracadute e successivamente scende con velocità costante fino a toccare il suolo. Durante tutta la discesa verso terra tiene in mano una sirena, che emette radiazione acustica di frequenza $f=200$ Hz. Un osservatore al suolo percepisce una frequenza di 244 Hz subito prima dell'apertura del paracadute e di 203 Hz dopo l'apertura. Trascurando l'attrito dell'aria e considerando l'aria in condizioni di pressione e temperatura standard ad ogni altitudine ($T = 0^\circ\text{C}$, $p = 10^5$ Pa), determinare:
 - la velocità di discesa col paracadute aperto; [4.9 m/s]
 - l'altitudine alla quale è stato aperto il paracadute; [818 m]
 - La massima frequenza percepita a terra se il paracadutista lascia cadere la sirena quando il paracadute è ancora chiuso. [346 Hz]
- Un'onda armonica con $\omega=100$ rad/s si propaga su una corda infinita sottoposta a una tensione di 200 N. Sapendo che nel punto $z=0$ la densità lineare della corda aumenta di un fattore 4, che l'onda trasmessa ha la potenza media di 4.0 W e che l'ampiezza dell'onda incidente è pari a 3.0 cm:
 - calcolare la potenza media trasportata dall'onda incidente e riflessa; [$P_i = 4.5\text{W}$, $P_r = 0.5\text{W}$]
 - calcolare le velocità di propagazione delle onde incidente, trasmessa e riflessa e le lunghezze d'onda ad asse associata; [$v_1 = 200$ m/s, $v_2 = 100$ m/s; $\lambda_1 = 12.6$ m, $\lambda_2 = 6.3$ m]
 - scrivere le funzioni d'onda delle tre onde, indicando i valori delle grandezze che in esse compaiono. [$\xi_i(z,t) = \xi_{0i} \cos(k_1 z - \omega t)$, $\xi_r(z,t) = \xi_{0r} \cos(k_1 z + \omega t)$, $\xi_t(z,t) = \xi_{0t} \cos(k_2 z - \omega t)$; $\xi_{0i} = 3.0$ cm, $\xi_{0r} = -1.0$ cm, $\xi_{0t} = 2.0$ cm, $k_1 = 0.5\text{m}^{-1}$, $k_2 = 1.0\text{m}^{-1}$, $\omega = 100$ rad/s]
- Un sottile strato antiriflesso di Fluoruro di Magnesio ($n=1.38$) viene depositato su una lastra di vetro crown ($n=1.52$). Lo spessore dello strato viene determinato in modo da avere interferenza distruttiva per incidenza normale al centro del visibile, con $\lambda = 550$ nm. In queste condizioni determinare:
 - lo spessore minimo dello strato per cui si abbia la minima riflessione; [99.6 nm]
 - l'efficacia dello strato, calcolata come il rapporto tra l'intensità dell'onda riflessa con e senza strato antiriflesso. [0.298]
 - Se invece che di vetro crown la lastra fosse fatta di vetro flint ($n=1.65$) lo spessore calcolato al punto a) continua a garantire la minima riflessione? L'efficacia dello strato sarebbe maggiore, inferiore o equivalente in tali condizioni? Motivare adeguatamente la risposta. [sì; maggiore]
- Una lente sottile forma l'immagine di un piccolo oggetto posto sul suo asse. La distanza tra oggetto e immagine lungo l'asse è pari a 50 cm. La dimensione dell'immagine è pari a 2/3 di quella dell'oggetto. Si determinino il tipo di lente utilizzata, la distanza tra l'oggetto e la lente e la lunghezza focale della lente nei seguenti casi, accompagnando la soluzione con le relative costruzioni grafiche:
 - l'immagine è capovolta e reale; [lente convergente, $d_o = 30$ cm, $d_i = 20$ cm, $f = 12$ cm]
 - l'immagine è dritta e virtuale. [lente divergente, $d_o = 150$ cm, $d_i = -100$ cm, $f = -300$ cm]

4^a prova scritta di **Onde e Oscillazioni è posto**

24 luglio 2017

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un sistema ottico è formato da una lente, con lunghezza focale $f = 40$ cm, posta di fronte alla faccia piana di un blocco di vetro semi infinito con indice di rifrazione $n_{\text{vetro}} = 1.5$. La lente è in aria, $n_{\text{aria}} = 1$ e la faccia piana del blocco, perpendicolare all'asse ottico della lente, si trova a una distanza di 80 cm dalla lente stessa. Dalla parte opposta del blocco di vetro viene posto un piccolo oggetto alto 2 cm alla distanza di 60 cm dalla lente stessa. Determinare
 - la posizione e la natura dell'immagine formata dal sistema ottico; [reale, $d_{i2} = 60$ cm]
 - l'altezza dell'immagine prodotta; [$h_{i2} = h_{i1} = -4$ cm]
 - costruire l'immagine formata dal sistema ottico
- Un reticolo di diffrazione è largo 2.5 cm e presenta 5000 righe. Determinare:
 - la posizione angolare dei massimi del primo ordine per le lunghezze d'onda $\lambda_1 = 400$ nm e $\lambda_2 = 600$ nm; [$\theta_{1,\lambda_1} = 0.08 = 4.6^\circ$, $\theta_{1,\lambda_2} = 0.12 = 6.9^\circ$]
 - la larghezza angolare dei due massimi; [$\Delta\theta_{1,\lambda_1} = 1.6 \cdot 10^{-5}$, $\Delta\theta_{1,\lambda_2} = 2.4 \cdot 10^{-5}$]
 - la posizione dei due massimi del primo ordine nel piano focale di una lente di lunghezza focale $f = 50$ cm; [$y_{1,\lambda_1} = 4.01$ cm, $y_{1,\lambda_2} = 6.04$ cm]
 - la più piccola differenza di lunghezze d'onda che il reticolo è in grado di risolvere al primo e al secondo ordine rispetto a $\lambda = 600$ nm. [$\Delta\lambda_{2,1^\circ} = 12 \cdot 10^{-2}$ nm, $\Delta\lambda_{2,2^\circ} = 6 \cdot 10^{-2}$ nm]
- Un mezzo di soccorso con la sirena accesa si muove con una velocità di 70 km/h. La sirena emette un'onda acustica isotropa ($\Sigma = 4\pi$) con frequenza $\nu_{\text{sorgente}} = 500$ Hz e potenza media di 3 W. Assumendo che la temperatura dell'aria sia di 25 °C e che la sua pressione sia 1.10 atm (1 atm = $1.013 \cdot 10^5$ Pa) determinare:
 - la frequenza percepita da un osservatore fermo che veda il mezzo dirigersi verso di lui; [$\nu_{\text{oss, fermo}} = 530$ Hz]
 - la frequenza percepita dal guidatore di un'automobile che si muova incontro al mezzo di soccorso con una velocità relativa pari a 160 km/h; [$\nu_{\text{oss, auto}} = 568$ Hz]
 - il livello sonoro e l'ampiezza dell'onda di pressione, trascurando l'attenuazione dell'aria, percepiti dall'osservatore fermo quando il mezzo di soccorso, in avvicinamento, si trova alla distanza di 100 metri. [$L_{100\text{m}} = 74.0$ dB, $\delta p_m = 0.15$ Pa]
- Due corde infinite caratterizzate dalla stessa densità lineare di massa $\rho_l = 10.0$ g/m e sottoposte alla stessa tensione $T = 64$ N giacciono nello stesso piano, l'una disposta perpendicolarmente all'altra. Le corde sono annodate tra loro nell'origine. Su uno dei quattro rami di corda propaga un'onda armonica diretta verso l'origine. Tutte le oscillazioni avvengono in direzione perpendicolare al piano formato dalle due corde, e l'ampiezza dell'onda incidente è pari a 2.5 cm e frequenza $\nu = 36$ Hz. Determinare:
 - le lunghezze d'onda, le frequenze e le velocità di fase delle onde trasmesse e dell'onda riflessa; [$\lambda_i = \lambda_t = \lambda_r = 2.22$ m, $\nu_i = \nu_t = \nu_r = 36$ Hz, $v_i = v_t = v_r = 80$ m/s]
 - le ampiezze delle onde trasmesse e dell'onda riflessa; [$A_t = 12.5$ mm, $A_r = -12.5$ mm]
 - la potenza media delle onde trasmesse e dell'onda riflessa. [$P_t = P_r = 3.20$ W]

3^a prova scritta di **Onde e Oscillazioni**

6 luglio 2017

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. Un pozzo con l'imboccatura aperta presenta due frequenze consecutive di risonanza pari a 187 Hz e 221 Hz. Sapendo che la temperatura dell'aria è di 14 °C, determinare:
 - a) la profondità del pozzo; [$h=5.00$ m]
 - b) le lunghezze d'onda e le frequenze dei primi tre modi normali udibili del pozzo; [$\lambda_3=6.66$ m, $\lambda_5=4.00$ m, $\lambda_7=2.86$ m; $\nu_3=51.0$ Hz, $\nu_5=85.0$ Hz e $\nu_7=119$ Hz]
 - c) rappresentare graficamente le onde stazionarie di spostamento e di pressione dei primi tre modi normali udibili mettendo in evidenza le relazioni di fase.
2. In caso di tempesta il vento può raggiungere facilmente la velocità di 100 km/h. Assumendo che la temperatura dell'aria sia di 10 °C calcolare:
 - a) la frequenza percepita da un osservatore fisso a terra se un gabbiano trasportato dal vento verso la terraferma emette un verso a 500 Hz; [541 Hz]
 - b) la frequenza del verso del gabbiano percepita da una nave che si allontana dalla costa in direzione del gabbiano a 25 km/h; [551 Hz]
 - c) la frequenza percepita dal gabbiano se la nave emette un segnale a 260 Hz. [290 Hz]
3. Una lente sottile piano-convessa con $|R|=25$ cm è posta 110 cm a sinistra di un'altra lente, anch'essa sottile, ma bi-convessa simmetrica con $|R|=5$ cm. L'indice di rifrazione di entrambe le lenti è $n=1.5$. Determinare:
 - a) le lunghezze focali delle due lenti; [$f^{(1)}=50$ cm, $f^{(2)}=5$ cm]
 - b) la posizione dell'immagine generata da un oggetto posto 1.0 m a sinistra della prima lente, e l'ingrandimento totale del sistema ottico; [$d_i^{(2)}=10$ cm, $m_{tot}=1$]
 - c) verificare graficamente la correttezza dei risultati del punto b);
 - d) a che distanza devono essere poste le due lenti per far sì che un fascio di raggi paralleli, provenienti dalla sinistra della prima lente, esca nuovamente parallelo a destra della seconda lente (motivare la risposta). [$d=55$ cm]
4. Un interferometro di Michelson, operante in aria ($n_{aria}=1.000292$), è illuminato con luce monocromatica di lunghezza d'onda ignota. Sui due bracci dell'interferometro sono posti due tubi stagni di lunghezza $L=15.00$ cm, riempiti con lo stesso gas e alla stessa pressione. Spostando uno dei due specchi di 0.2000 mm sullo schermo dell'interferometro si vedono passare 756 frange chiare di interferenza. In seguito, aspirando lentamente il gas da uno dei due tubi sino a creare il vuoto, sullo schermo si vedono passare 991 frange chiare di interferenza. Determinare, con le corrette cifre significative:
 - a) la lunghezza d'onda della radiazione; [$\lambda=529.3$ nm]
 - b) l'indice di rifrazione del gas. [$n_{gas}=1.00175$]

2^a prova scritta di **Onde e Oscillazioni**

23 giugno 2017

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una molla di costante elastica $k = 32.0 \text{ N/m}$ è appesa al soffitto. Improvvisamente all'istante $t = 0$ le viene agganciata una massa, inizialmente ferma. La massa si sposta verso il basso di 60.0 cm prima di invertire il suo moto. Sapendo che dopo 10 oscillazioni complete l'ampiezza di oscillazione si è ridotta a 20.0 cm :
 - determinare il valore della massa; [$m = 0.98 \text{ kg}$]
 - scrivere l'equazione del moto, specificando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono; [$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0$; $\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$; $b = 7.2 \cdot 10^{-2} \text{ kg s}^{-1}$; $\omega_0 = 5.72 \text{ s}^{-1}$; $\gamma = 3.7 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$]
 - utilizzando un sistema di riferimento orientato verso l'alto e centrato nel punto in cui viene agganciata la massa all'istante $t = 0$, scrivere la legge oraria del moto, specificando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono. [$x(t) = -x_m + x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t)$; $\omega = \omega_0$; $x_m = 0.30 \text{ m}$]
- Una sirena viene lasciata cadere verticalmente dalla sommità di una alta rupe. Un ascoltatore alla base della rupe rileva che il rapporto tra la frequenza della sirena quando è ferma alla sommità prima di cadere e quella poco prima di colpire il suolo è pari a 0.84 . Sapendo inoltre che la sirena emette una potenza di 0.10 W entro un angolo solido di 4π steradiani, che la temperatura dell'aria è di $28 \text{ }^\circ\text{C}$ e che la sua densità è pari a 1.17 kg/m^3 , trascurando la resistenza dell'aria e l'attenuazione del suono determinare:
 - l'altezza della rupe rispetto al suolo dove si trova l'ascoltatore; [$h = 158 \text{ m}$]
 - il livello sonoro e l'ampiezza dell'onda di pressione percepiti dall'ascoltatore quando la sirena si trova ferma sulla sommità della rupe. [$L = 55.0 \text{ dB}$; $\delta p_m = 16 \text{ mPa}$]
- Un piccolo oggetto luminoso viene posto alla distanza di 35 cm da una sfera di vetro ($n_v = 1.5$) di raggio 10 cm ($n_{\text{aria}} = 1.00$). Dalla parte opposta, spostando uno schermo perpendicolarmente all'asse ottico, ad una certa particolare distanza, si osserva su di esso un'immagine nitida e capovolta di altezza $h_i = -15.0 \text{ mm}$ dell'oggetto luminoso. Sulla base dei dati determinare:
 - la natura e la posizione dell'immagine intermedia e dell'immagine finale formate dalle superfici diottriche della sfera; [immagine intermedia reale e capovolta, $d_{i1} = 70 \text{ cm}$; immagine finale reale e capovolta, $d_{i2} = 12.5 \text{ cm}$]
 - l'ingrandimento prodotto da ciascuna delle superfici diottriche e l'altezza reale dell'oggetto luminoso che le forma; [$m_1 = -4/3$, $m_2 = 0.375$, $m_{\text{tot}} = -0.5$, $h_o = 30 \text{ mm}$]
 - verificare graficamente la correttezza della soluzione ottenuta.
- Un fascio di luce monocromatico nel visibile incide perpendicolarmente su un reticolo a trasmissione formato da 5000 fenditure di ampiezza $a = 1 \text{ } \mu\text{m}$. La larghezza del reticolo è 25 mm e sullo schermo centrato, largo 1.00 m e posto alla distanza $D = 1.00 \text{ m}$, si osserva il primo picco di interferenza a $\pm 12.0 \text{ cm}$ dal picco centrale. Sulla base dei dati determinare:
 - la lunghezza d'onda del fascio di luce; [$\lambda = 596 \text{ nm}$]
 - l'intensità relativa rispetto a quella del massimo centrale della frangia di interferenza di ordine massimo visibile sullo schermo; [3° frangia, $I_3/I_0 = 25.5 \%$]
 - la larghezza angolare della frangia di cui al punto precedente ed il potere risolutivo del sistema, reticolo più schermo, nell'intorno della lunghezza d'onda utilizzata; [$\delta\theta_3 = 2.6 \cdot 10^{-5}$, $R_3 = 1.5 \cdot 10^4$]
 - il potere risolutivo massimo del sistema per $\lambda = 400 \text{ nm}$. [$R_4 = 2.0 \cdot 10^4$, 4° frangia visibile sullo schermo centrato di 1 m]

Prova scritta di preappello di **Onde e Oscillazioni**

13 giugno 2017

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. In una giornata estiva ($T = 35\text{ }^{\circ}\text{C}$) un'automobile di Formula 1 sfreccia su di un rettilineo. Sapendo che il motore è al massimo di giri imposto per questo tipo di gara (18000 giri al minuto) e che uno spettatore posto in fondo al rettilineo sente, mentre la macchina si avvicina, una frequenza di 404. Hz si determini:
- la velocità dell'auto; [326 km/h]
 - la frequenza del suono percepito da un'auto avversaria che si muove a 200 km/h mentre la prima sta sopraggiungendo alle sue spalle; [340 Hz]
 - la potenza media dell'onda sonora emessa dalla macchina ferma mentre scalda il motore sapendo che uno spettatore a 100 m percepisce un livello sonoro di 51dB nonostante abbia dei tappi antirumore che lo riducono di 32 dB. Si trascuri l'assorbimento dell'aria e si supponga che l'emissione sonora sia isotropa. [25W]

Nota: si assuma che la frequenza sonora emessa sia uguale a quella di rotazione del motore.

2. Due corde di chitarra con densità volumetrica $\rho_v = 7.50\text{ g/cm}^3$ di raggio 0.1 mm sono sottoposte a una tensione di 100 N. Le corde sono entrambi fissate agli estremi e hanno rispettivamente lunghezze $L_1 = 100\text{ cm}$ e $L_2 = 98.0\text{ cm}$. Sulla base dei dati determinare:
- Le frequenze e le lunghezze d'onda del modo fondamentale di oscillazione di ciascuna corda; [325.7 Hz, 332.4 Hz, 2.00m, 1.96m]
 - Il periodo della nota di battimento acustico che si avverte facendo vibrare contemporaneamente le due corde nel modo fondamentale; [0.15 s]
 - di quanto bisogna modificare la tensione della corda più lunga affinché le sue frequenze di vibrazione coincidano con quelle della corda più corta; [+ 4.2 N]
 - la lunghezza d'onda e la frequenza dell'onda acustica in aria generata dalle vibrazioni del filo più corto nel modo fondamentale, alla temperatura di $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. [1.03 m; 332.4 Hz]
3. Due fenditure distanti tra loro 0.02 mm e larghe 2 micron sono illuminate da un'onda piana luminosa con $\lambda = 633\text{ nm}$. Alla distanza di 10.0 m dal piano nel quale giacciono le fenditure è posto uno schermo centrato. Si determini:
- il numero di frange luminose di interferenza chiaramente visibili all'interno del picco centrale di diffrazione; [19]
 - la distanza dal centro dello schermo della frangia di interferenza di ordine massimo visibile all'interno del picco centrale di diffrazione; [2.97 m]
 - l'intensità relativa rispetto a quella del massimo centrale della frangia di interferenza di ordine massimo visibile all'interno del picco centrale di diffrazione; [$I/I_0 = 1.2\%$]
4. Un sistema ottico è formato da due lenti, L_1 e L_2 . L_1 è biconvessa simmetrica e ha $f^{(1)} = 20\text{ cm}$. L_2 è piano-concava, ha $f^{(2)} = -20\text{ cm}$. L'indice di rifrazione di entrambe le lenti è $n = 1.5$. Un piccolo oggetto viene posto alla sinistra di L_1 , alla distanza di 30 cm da essa, mentre L_2 viene posta alla destra di L_1 . Si determinino:
- i raggi di curvatura delle superfici che delimitano le due lenti; [L_1 : $R_1 = -R_2 = 20\text{ cm}$; L_2 : $R_1 = \infty$, $R_2 = 10\text{ cm}$. oppure $R_1 = -10\text{ cm}$, $R_2 = \infty$]
 - a quale distanza da L_1 deve essere posta L_2 affinché il sistema ottico formi un'immagine reale e con ingrandimento trasversale $m = -4$; [$d = 50\text{ cm}$]
 - si costruisca graficamente l'immagine formata dalle due lenti.

2^a prova scritta in itinere di **Onde e Oscillazioni**

13 giugno 2017

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. Due fenditure distanti tra loro 0.02 mm e larghe 2 micron sono illuminate da un'onda piana luminosa con $\lambda = 633$ nm. Alla distanza di 1.0 m dal piano nel quale giacciono le fenditure è posto uno schermo centrato. Si determini:
 - a) il numero di frange luminose di interferenza chiaramente visibili all'interno del picco centrale di diffrazione; [19]
 - b) la distanza dal centro dello schermo delle frange di interferenza di ordine massimo visibili all'interno del picco centrale di diffrazione; [29.7 cm]
 - c) l'intensità relativa rispetto a quella del massimo centrale della frangia di interferenza di ordine massimo visibile all'interno del picco centrale di diffrazione; [$I/I_0 = 1.2\%$]
2. Un sistema ottico è formato da due lenti, L_1 e L_2 . L_1 è biconvessa simmetrica e ha $f^{(1)} = 20$ cm. L_2 è piano-concava, ha $f^{(2)} = -20$ cm. L'indice di rifrazione di entrambe le lenti è $n = 1.5$. Un piccolo oggetto viene posto alla sinistra di L_1 , alla distanza di 30 cm da essa, mentre L_2 viene posta alla destra di L_1 . Si determinino:
 - a) i raggi di curvatura delle superfici che delimitano le due lenti; [L_1 : $R_1 = -R_2 = 20$ cm; L_2 : $R_1 = \infty$, $R_2 = 10$ cm. oppure $R_1 = -10$ cm, $R_2 = \infty$]
 - b) a quale distanza da L_1 deve essere posta L_2 affinché il sistema ottico formi un'immagine reale e con ingrandimento trasversale $m = -4$; [$d = 50$ cm]
 - c) si costruisca graficamente l'immagine formata dalle due lenti.
3. Un sottile strato antiriflesso ($n_{ar} = 1.38$) è depositato su una lastra di vetro Flint ($n_F = 1.70$). Lo spessore dello strato è tale da avere interferenza distruttiva per la luce riflessa dalle due superfici che lo delimitano alla lunghezza d'onda $\lambda = 552$ nm in condizioni di incidenza normale. Si determini:
 - a) lo spessore minimo dello strato compatibile con i dati del problema; [$0.10 \mu\text{m}$]
 - b) l'intensità dell'onda riflessa dalla superficie del vetro in assenza dello strato antiriflesso normalizzata a quella dell'onda incidente; [6.7%]
 - c) l'intensità dell'onda riflessa complessivamente dallo strato antiriflesso, normalizzata a quella dell'onda incidente; [0.34%]
4. Una semisfera di vetro ($n = 1.5$) di raggio 10 cm è posta con la sua superficie piana parallela a un foglio di carta. Sul foglio è stampata la parola ONDE con caratteri alti 5.0 mm. Si determinino:
 - a) Le due lunghezze focali della superficie diottrica sferica [$f_1 = 30$ cm, $f_2 = 20$ cm]
 - b) la posizione e l'ingrandimento trasversale dell'immagine formata dal doppio diottra quando la distanza tra il foglio e la superficie piana è pari a 20 cm; [$d_i^{(2)} = 80$ cm; $m = -3$]
 - c) la posizione e l'ingrandimento trasversale dell'immagine formata quando la superficie piana della semisfera è appoggiata sul foglio. [$d_i^{(2)} = -10$ cm, $m = 1.5$]

Si accompagni la soluzione dell'esercizio con le relative costruzioni geometriche.

Nota: si tratti la superficie piana come una qualunque superficie diottrica, ponendo $R = \infty$.

1^a prova scritta in itinere di **Onde e Oscillazioni** 20 aprile 2017

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Due molle di costante elastica $k_1 = 10.0$ N/m e $k_2 = 40.0$ N/m sono collegate una di seguito all'altra (in serie) e poste verticalmente con appesa una massa $M = 500$ g. All'istante $t=0$ la massa, inizialmente ferma nella posizione di equilibrio, riceve un impulso $\vec{I} = -0.200$ Ns \vec{j} , e l'ampiezza dell'oscillazione prodotta si smorza con costante di tempo $\tau = 10.0$ s. Dopo aver specificato il sistema di riferimento utilizzato, determinare:
 - l'equazione differenziale del moto, calcolando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono; [$\ddot{y} + 2\gamma\dot{y} + \omega_0^2 y = 0$; $M\ddot{y} + b\dot{y} + k_{eq}y = 0$; $\omega_0 = 4.00$ s⁻¹; $\gamma = 1.00 \cdot 10^{-1}$ s⁻¹; $b = 1.00 \cdot 10^{-1}$ kg s⁻¹; $k_{eq} = 8$ N/m]
 - la legge oraria, calcolando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono; [$y(t) = -y_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t)$; $\omega = 3.999$ s⁻¹ $\approx \omega_0$; $y_m = 0.100$ m]
 - il tempo t in cui l'energia totale associata all'oscillazione risulta pari a 1.00 mJ. [$t_{1mJ} = 18.44$ s]
- Un'auto della polizia procede alla velocità di 126 km/h, con la sirena accesa che emette una frequenza di 700 Hz, quando sente sopraggiungere, nella corsia opposta, un automezzo dei pompieri, anch'esso con la sirena accesa. Sapendo che la temperatura dell'aria è di 30 °C, che la frequenza percepita dall'auto della polizia quando i pompieri sono in avvicinamento è $\nu_1 = 593$ Hz e quando si allontanano è $\nu_2 = 420$ Hz, determinare:
 - la velocità dell'automezzo dei pompieri in km/h; [$v_{pomp} = 90.1$ km/h]
 - la frequenza emessa dall'automezzo dei pompieri; [$\nu_{pomp} = 500.3$ Hz]
 - la frequenza, emessa dalla sirena della polizia, percepita dai pompieri quando si stanno allontanando. [$\nu_{all} = 590.6$ Hz]
- Un'onda armonica progressiva propaga su una corda semi infinita trasportando una potenza media $P_i = 200$ W. Nel punto $x = 0$ la corda è collegata ad un'altra, sottoposta alla stessa tensione, ma di diversa densità lineare. Le grandezze caratteristiche della funzione d'onda incidente sono: $\xi_{io} = 4.00$ cm, $k_i = 3.14$ m⁻¹, $\omega_i = 691$ s⁻¹, mentre l'ampiezza dell'onda riflessa, che è sfasata di $\pm\pi$ rispetto all'onda incidente, è $\xi_{ro} = 2.00$ cm. Sulla base dei dati determinare:
 - le grandezze: ν_i , λ_i e ν dell'onda incidente; [$\nu_i = 220$ m/s, $\lambda_i = 2.00$ m, $\nu = 110$ Hz]
 - i coefficienti di riflessione e trasmissione: r , t , R , e T ; [$r = -0.5$, $t = 0.5$, $R = 0.25$, $T = 0.75$]
 - le grandezze: ξ_{to} , k_t , ν_t , λ_t dell'onda trasmessa; [$\xi_{to} = 2.00$ cm, $k_t = 9.42$ m⁻¹, $\nu_t = 73.4$ m/s, $\lambda_t = 0.67$ m]
 - la tensione T e le densità lineari delle due corde. [$T = 115$ N, $\rho_{l1} = 2.38$ g/m, $\rho_{l2} = 21.4$ g/m]
- Le frequenze di due armoniche successive emesse da una canna d'organo sono rispettivamente 165 Hz e 275 Hz, e sono emesse con temperatura dell'aria pari a 20° C e pressione atmosferica di $1.0 \cdot 10^5$ Pa. Sapendo che l'ampiezza dell'onda di spostamento emessa dalla canna, in un angolo solido $\Sigma = \pi/2$ steradiani e da una superficie di 50 cm², è pari a 500 μ m, con un'attenuazione dell'aria di - 6 dB/km, determinare:
 - il tipo e la lunghezza della canna; [aperta-chiusa, $L = 1.56$ m]
 - le lunghezze d'onda delle prime tre frequenze emesse; [$\lambda_1 = 6.24$ m, $\lambda_3 = 2.08$ m, $\lambda_5 = 1.25$ m]
 - il livello sonoro e l'ampiezza dell'onda di pressione alla distanza di 100 m. [$L = 62.3$ dB, $\delta p_m = 37.1$ mPa]

Nota: associare la potenza emessa alla sola prima armonica (armonica fondamentale)

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

28 febbraio 2017

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un altoparlante ha una superficie di 100 cm^2 ed emette un'onda sonora con potenza media pari a 10 W , distribuita uniformemente all'interno di un angolo solido $\Sigma = \pi/2$ steradiani. Sapendo che l'aria ha una temperatura di $20 \text{ }^\circ\text{C}$, una densità $\rho_a = 1.25 \text{ kg/m}^3$ e produce un'attenuazione del suono pari a -5 dB/km , determinare:
 - il livello sonoro alla superficie dell'altoparlante; [$L_0 = 150 \text{ dB}$]
 - il livello sonoro percepito alla distanza di 80 metri ; [$L_{80\text{m}} = 89.6 \text{ dB}$]
 - l'ampiezza dell'onda di pressione alla distanza di 1 km . [$\delta p_{1\text{km}} = 74 \text{ mPa}$]
- Un reticolo di diffrazione largo $2,5 \text{ cm}$ è illuminato da una radiazione monocromatica di lunghezza d'onda 600 nm . Le fenditure sono separate di $10 \text{ }\mu\text{m}$, larghe $2 \text{ }\mu\text{m}$ ed uno schermo è posto ad una distanza di 1 m . Determinare:
 - la distanza sullo schermo tra il 1° e il 6° massimo di interferenza; [$\Delta y_{61} = 0.326 \text{ m}$]
 - la distanza sullo schermo tra il 1° e il 2° minimo di diffrazione; [$\Delta y_{21} = 0.436 \text{ m}$]
 - la larghezza angolare del 1° e del 6° massimo di interferenza; [$\delta\theta_1 = 2.4 \cdot 10^{-5}$, $\delta\theta_6 = 2.6 \cdot 10^{-5}$]
 - l'intensità relativa, rispetto a quella del massimo centrale, del 2° e del 5° massimo di interferenza. [$I_2 = 57.3\%$, $I_5 = 0$]
- Una massa oscillante di 1.00 kg è collegata ad una molla con costante elastica $k = 1.00 \cdot 10^4 \text{ N/m}$. Sapendo che all'istante $t=0$: i) la massa si sta spostando da x positiva verso la posizione di equilibrio, ii) l'energia totale è pari a 50 J , iii) l'energia potenziale elastica è pari a 18 J , e iv) l'energia complessiva del sistema diminuisce dello 2% ogni ciclo completo di oscillazione, determinare:
 - la posizione della massa all'istante iniziale; [$x(0) = 6.00 \text{ cm}$]
 - la legge oraria del moto, indicando il valore di tutte le grandezze che in essa compaiono;
[$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t + \varphi_{\sin}) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \varphi_{\cos})$, $x_m = 10.0 \text{ cm}$, $\gamma = 1.61 \times 10^{-1} \text{ s}^{-1}$, $\omega = \omega_0 = 100.0 \text{ s}^{-1}$, $\varphi_{\sin} = 2.50 \pm 2\pi = 143^\circ \pm 360^\circ$, $\varphi_{\cos} = 0.927 \pm 2\pi = 53.1^\circ \pm 360^\circ$]
 - la posizione della massa all'istante $t = 0.20 \text{ s}$; [-4.7 cm]
 - l'energia totale del sistema e l'ampiezza dell'oscillazione dopo 50 cicli. [18.2 J , 6.0 cm]
- Una superficie sferica separa localmente due regioni di spazio con indice di rifrazione rispettivamente $n_1=1$ e $n_2=1.5$. Un piccolo oggetto luminoso è posto sull'asse ottico della superficie diottrica, nella regione n_1 , ed alla distanza di 8.0 cm dalla stessa. Sapendo che il diottro forma un'immagine reale alla distanza di 12.0 cm dal suo vertice, dopo aver specificato con chiarezza le convenzioni di segno, determinare:
 - il raggio di curvatura della superficie sferica del diottro; [$R = 2.0 \text{ cm}$]
 - la posizione dei due fuochi del diottro; [$f_1 = 4.0 \text{ cm}$, $f_2 = 6.0 \text{ cm}$]
 - la magnificazione trasversale; [$m_t = -1$]
 - costruire graficamente l'immagine, verificando la consistenza tra le posizioni di oggetto, immagine e fuochi.

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

19 settembre 2016

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa oscillante di 0.500 kg è collegata ad una molla con costante elastica $k = 5.00 \cdot 10^3$ N/m. Sapendo che all'istante $t=0$: i) la massa si sta spostando da x positiva verso la posizione di equilibrio, ii) l'energia totale è pari a 250 J, iii) l'energia potenziale è pari a 90 J, e iv) l'energia del sistema diminuisce dello 1% ogni ciclo completo di oscillazione, determinare:
 - la posizione della massa all'istante iniziale; [$x(0) = 6.00$ cm]
 - la legge oraria del moto, indicando il valore di tutte le grandezze che in essa compaiono;
[$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t + \varphi_{\sin}) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \varphi_{\cos})$, $x_m = 10.0$ cm, $\gamma = 8.00 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$, $\omega = \omega_0 = 100.0 \text{ s}^{-1}$, $\varphi_{\sin} = 2.50 \pm 2\pi = 143^\circ \pm 360^\circ$, $\varphi_{\cos} = 0.927 \pm 2\pi = 53.1^\circ \pm 360^\circ$]
 - la posizione della massa all'istante $t = 0.10$ s; [-6.8 mm]
 - l'energia totale del sistema e l'ampiezza dell'oscillazione dopo 100 cicli. [9.15 J, 6.05 cm]
- Due corde identiche, aventi la stessa lunghezza L , sono vincolate ai loro estremi. La tensione della seconda corda è maggiore del 2.4% di quella della prima. La frequenza di oscillazione fondamentale della prima corda è di 440 Hz. Sapendo che un ascoltatore a 12.0 m di distanza dalle corde percepisce un livello sonoro pari a 47 dB, che la temperatura dell'aria è $T_{\text{aria}} = 20^\circ\text{C}$ e che la sua densità è $\rho_{\text{aria}} = 1.25 \text{ kg/m}^3$, Si determinino:
 - le lunghezze d'onda delle onde acustiche emesse dalle due corde quando vibrano alla loro frequenza fondamentale; [0,780 m, 0,771 m]
 - l'ampiezza dell'onda di pressione percepita dall'ascoltatore; [1.31 Pa]
 - la distanza ideale alla quale il suono emesso dalle corde risulterebbe non più percettibile in assenza di ogni forma di attenuazione nella propagazione dell'onda in aria. [2.7 km]
- Un reticolo di diffrazione quadrato a trasmissione, con 2500 fenditure e lato $L = 2.5$ cm, è illuminato da una luce monocromatica incidente perpendicolarmente ad esso. La figura di diffrazione che si ottiene su di uno schermo centrato, largo un metro e posto alla distanza di un metro, ha il primo minimo di diffrazione nelle posizioni $y_1 = \pm 20.0$ cm e il massimo centrale contiene 7 massimi di interferenza nettamente distinguibili. Sulla base dei dati determinare:
 - la larghezza delle fenditure; [$a = 2.5 \mu\text{m}$]
 - la lunghezza d'onda della luce monocromatica utilizzata; [$\lambda = 500$ nm]
 - il numero di minimi di diffrazione visibili sullo schermo; [4]
 - l'intensità massima dei picchi di interferenza del 1° e del 3° ordine espressa in percentuale rispetto all'intensità del massimo centrale. [$I_1 = 81\% I_0$, $I_3 = 9.0\% I_0$]
- Una superficie sferica separa localmente due regioni di spazio con indice di rifrazione rispettivamente $n_1 = 1$ e $n_2 = 1.5$. Un piccolo oggetto luminoso è posto sull'asse ottico della superficie diottrica, nella regione n_1 , ed alla distanza di 20 cm dalla stessa. Sapendo che il diottrico forma un'immagine reale alla distanza di 30 cm dal suo vertice, dopo aver specificato con chiarezza le convenzioni di segno, determinare:
 - il raggio di curvatura della superficie sferica del diottrico; [$R = 5$ cm];
 - la posizione dei due fuochi del diottrico; [$f_1 = 10$ cm, $f_2 = 15$ cm];
 - la magnificazione trasversale; [$m_t = -1$]
 - costruire graficamente l'immagine, verificando la consistenza tra le posizioni di oggetto, immagine e fuochi.

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

14 luglio 2016

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Due masse di 5.0 kg sono attaccate alle estremità di una molla con costante elastica $k_{el}=10$ N/m in assenza di gravità. Le masse vengono spostate fino ad allungare la molla di 10 cm rispetto alla sua lunghezza di equilibrio e all'istante $t=0$ vengono lasciate andare contemporaneamente da ferme. Nel corso di ogni periodo di oscillazione l'ampiezza di oscillazione di ognuna delle masse rispetto alla sua posizione di equilibrio si riduce dello 0.2%. Determinare:
 - l'equazione del moto di una delle masse rispetto alla sua posizione di equilibrio, indicando il sistema di riferimento adottato e i valori numerici dei parametri che in essa compaiono; [sistema di riferimento con origine nel punto medio tra le due masse, $\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 = 0$ con: $\omega_0 = 2.0$ s⁻¹; $\gamma = 6.4 \cdot 10^{-4}$ s⁻¹; ovvero $m\ddot{x} + b\dot{x} + k_{eq}x = 0$ con: $m = 5$ kg; $b = 6.4 \cdot 10^{-3}$ kg/s; $k_{eq} = 20$ N/m]
 - la legge oraria del moto, indicando i valori numerici dei parametri che in essa compaiono; [$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t)$ con: $x_m = 5.0$ cm, $\omega = \omega_0$]
 - l'energia totale del sistema formato dalle due masse e dalla molla dopo 56 periodi completi di oscillazione. [$E_t(0) = 50$ mJ; $E_t(56 T) = 40$ mJ]
- Un'auto si muove lungo un rettilineo alla velocità di 60 km/h, quando incrocia un mezzo di soccorso con la sirena accesa, proveniente in direzione opposta. Durante l'avvicinamento gli occupanti dell'auto percepiscono la sirena ad una frequenza di 510 Hz e durante l'allontanamento a 382 Hz. La temperatura dell'aria è di 27 °C. Determinare:
 - la velocità del mezzo di soccorso; [$v_{ms} = 33.3$ m/s = 120 km/h]
 - la frequenza emessa dalla sirena. [$v_{sirena} = 440$ Hz]
- Un fascio di luce policromatica, composto da due lunghezze d'onda monocromatiche nel visibile, incide perpendicolarmente su un reticolo a trasmissione di lato $L = 2.4$ cm e formato da 4000 fenditure di larghezza $a = 2.0$ μm. Sullo schermo posto alla distanza $D = 3.00$ m, le posizioni dei picchi di interferenza del primo ordine formati dalle due lunghezze d'onda sono rispettivamente: ± 26.7 cm e ± 31.9 cm. Sulla base dei dati determinare:
 - le due lunghezze d'onda presenti nel fascio di luce; [$\lambda_1 = 532$ nm e $\lambda_2 = 633$ nm]
 - l'intensità relativa rispetto al massimo centrale delle frange di interferenza di ordine massimo formate dalle due lunghezze d'onda all'interno del picco centrale di diffrazione; [$I_2/I_0 = 17.1$ %]
 - la semi-larghezza angolare delle frange di cui al punto precedente; [$\delta\theta_2 = 2.7 \cdot 10^{-5}$ e $2.3 \cdot 10^{-5}$]
 - il potere risolutivo massimo del reticolo. [$R = 8000$]
- Una lente biconcava e simmetrica ($n = 1.6$, $|R_{le}| = 15$ cm) è posta alla sinistra di uno specchio concavo ($|R_{sp}| = 30$ cm), alla distanza di 60 cm da esso. A metà distanza tra la lente e lo specchio è posto un piccolo oggetto. Accompagnando le soluzioni del problema con le relative costruzioni grafiche, determinare:
 - le lunghezze focali della lente e dello specchio; [$f_{lente} = -12.5$ cm, $f_{specchio} = 15$ cm]
 - la posizione, la natura e l'ingrandimento dell'immagine formata dai raggi che dall'oggetto vanno verso la lente; [$d_i = -8.8$ cm, immagine virtuale formata dalla sola lente alla sua destra, $m_i = 0.29$]
 - la posizione, la natura e l'ingrandimento dell'immagine formata dai raggi che dall'oggetto vanno verso lo specchio. [$d_i = -8.8$ cm, immagine virtuale alla destra della lente, $m_i = (-1) \cdot (0.29) = -0.29$]

Prova scritta del corso di: **Onde e Oscillazioni**

4 luglio 2016

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un'onda trasversale, di equazione $y(x,t) = y_m \sin(kx - \omega t - \pi/6)$, si propaga su una corda infinita, di densità $\rho_c = 7.85 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ e sezione $S_c = 1.00 \text{ mm}^2$. Sapendo che l'onda ha frequenza $\nu = 150 \text{ Hz}$, numero d'onda $k = \pi \text{ m}^{-1}$ e trasporta una potenza media $P_{\text{media}} = 50 \text{ W}$, determinare:
 - la pulsazione, la lunghezza d'onda, la velocità di fase e l'ampiezza dell'onda; [942 s⁻¹, 2.00 m, 300 m/s, 6.9 mm]
 - la velocità e l'accelerazione trasversale dell'onda, $v_y(x,t)$ e $a_y(x,t)$; [$v_y(x,t) = -y_m \omega \cos(kx - \omega t - \pi/6)$; $a_y(x,t) = -y_m \omega^2 \sin(kx - \omega t - \pi/6)$]
 - la potenza istantanea $P(x,t)$ trasportata dall'onda; [$P(x,t) = P_m \cos^2(kx - \omega t - \pi/6)$, $P_m = 100 \text{ W}$]
 - disegnare su uno stesso grafico le grandezze: $y(x,0)$, $v_y(x,0)$ e $P(x,0)$, indicando chiaramente l'origine del sistema di coordinate adottato ed esplicitando le differenze di fase tra le varie onde.
- Un fischietto, costituito sostanzialmente da un tubetto metallico chiuso a un estremo e aperto all'altro, emette una frequenza fondamentale di 2.50 kHz, quando è suonato alla temperatura ambiente di 20 °C. Sapendo che in queste condizioni: i) la densità dell'aria è pari a 1.20 kg/m³, ii) l'attenuazione pari a -6 dB/km, iii) il livello sonoro percepito da un ascoltatore alla distanza di 500 m risulta essere $L = 38 \text{ dB}$ e che infine iv) l'emissione del suono avviene in un angolo solido $\Sigma = \pi/9$ steradiani, sulla base dei dati e supponendo che tutta la potenza sia associata alla frequenza fondamentale, determinare:
 - la lunghezza d'onda del modo fondamentale e la lunghezza del fischietto; [13.7 cm, 34 mm]
 - La potenza media emessa dal fischietto; [$P_m = 1.10 \text{ mW}$]
 - l'intensità e l'ampiezza dell'onda di pressione che arriva all'orecchio dell'ascoltatore; [$6.31 \cdot 10^{-9} \text{ W/m}^2$, $2.28 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$]
 - Il numero di armonica, la frequenza e la lunghezza d'onda in aria della massima armonica emessa dal fischietto che è teoricamente udibile. [$n = 7$; $\nu_7 = 17.5 \text{ kHz}$; $\lambda_7 = 20 \text{ mm}$]
- Uno schermo simmetrico viene posto alla distanza $D = 1.00 \text{ m}$ da una doppia fenditura con ampiezza delle fenditure $a = 4.00 \mu\text{m}$ e distanza $d = 20.00 \mu\text{m}$. Relativamente ad entrambe le lunghezze d'onda $\lambda_1 = 430 \text{ nm}$ e $\lambda_2 = 640 \text{ nm}$ determinare:
 - la posizione sullo schermo del 1° e del 6° massimo di interferenza; [$\pm 21.5 \text{ mm}$, $\pm 32.0 \text{ mm}$; $\pm 130 \text{ mm}$, $\pm 196 \text{ mm}$]
 - l'intensità relativa, rispetto al massimo centrale, del 3°, del 5° e del 7° massimo di interferenza; [$I_3 = 25.5\%$, $I_5 = 0$, $I_7 = 4.7\%$]
 - l'intensità relativa, rispetto al massimo centrale, che si ha in $y = \pm 30.0 \text{ mm}$ quando si utilizzano le due diverse lunghezze d'onda. [$I_{\lambda_1} = 8.1\%$, $I_{\lambda_2} = 85.5\%$]
- Un sistema ottico è formato da due lenti, la prima bi-convessa e la seconda piano-concava. I moduli dei raggi di curvatura della prima lente sono entrambi $|R_1| = 30 \text{ cm}$, mentre quello della seconda lente è $|R_2| = 10 \text{ cm}$. Il materiale delle lenti ha indice di rifrazione $n = 1.5$. Sapendo che un piccolo oggetto reale è posto a 60 cm dalla prima lente e che il sistema ottico formato dalle due lenti forma un'immagine reale alla distanza di 20 cm dalla seconda lente, calcolare:
 - le distanze focali f_1 e f_2 di ciascuna delle due lenti; [$f_1^{(1)} = f_2^{(1)} = 30 \text{ cm}$; $f_1^{(2)} = f_2^{(2)} = -20 \text{ cm}$]
 - la distanza tra le due lenti che formano il sistema ottico; [$d = 50 \text{ cm}$]
 - la magnificazione trasversale del sistema di lenti. [$m_1 = -1$, $m_2 = 2$, $m_{\text{totale}} = -2$]
 - costruire graficamente l'immagine utilizzando preferibilmente soltanto le proprietà dei due fuochi.

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

22 giugno 2016

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un filo metallico di acciaio armonico (densità $=7.85 \text{ g/cm}^3$) è collegato nel punto $x=0$ a un filo dello stesso materiale, di diametro doppio. Sul primo filo propaga un'onda progressiva con velocità 2.0 m/s , frequenza 100 Hz , ampiezza 3.0 mm e potenza 9.0 W . Determinare
 - velocità, lunghezza d'onda e ampiezza delle onde trasmessa e riflessa; [$v_t = 1.0 \text{ m/s}$, $\lambda_t = 1.0 \text{ cm}$, $A_t = 2.0 \text{ mm}$; $v_r = 2.0 \text{ m/s}$, $\lambda_r = 2.0 \text{ cm}$, $A_r = -1.0 \text{ mm}$]
 - la potenza media delle onde trasmessa e riflessa; [$P_r = 1.0 \text{ W}$, $P_t = 8.0 \text{ W}$]
 - la tensione alla quale sono sottoposti i due fili. [$T = 10.1 \text{ N}$]
- Un reticolo di diffrazione è costituito da N fenditure di larghezza 1.0 micron . Il sistema viene illuminato con la radiazione policromatica con $\lambda_1 = 633 \text{ nm}$ e $\lambda_2 = 635 \text{ nm}$. Nel campo lontano del reticolo è posto uno schermo centrato. Stimare:
 - la distanza minima tra le fenditure affinché sullo schermo siano distinguibili chiaramente i massimi del terzo ordine all'interno del picco centrale di diffrazione; [$d = 4 \text{ }\mu\text{m}$]
 - il numero minimo di fenditure del reticolo affinché al prim'ordine siano distinguibili le due lunghezze d'onda presenti nella radiazione policromatica; [$N = 317$]
 - la semilarghezza angolare dei massimi del terzo ordine corrispondenti alle due lunghezze d'onda e la loro separazione angolare. [$\delta\theta_3 = 5.7 \cdot 10^{-4}$; $\Delta\theta_3 = 7 \cdot 10^{-3}$]
- Una persona osserva un campanile attraverso una sfera di vetro ($n_v = 1.5$) di raggio 10 cm posta in aria ($n_a = 1.00$). La distanza tra il campanile e la superficie della sfera è pari a 300 m . Sapendo che l'altezza dell'immagine del campanile formata dalla sfera è pari a 12 mm , determinare:
 - la natura e la posizione dell'immagine intermedia e dell'immagine finale formate dalla sfera; [immagine intermedia reale capovolta, $d_{i1} = 30 \text{ cm}$; immagine finale reale capovolta, $d_{i2} = 5.0 \text{ cm}$]
 - l'ingrandimento delle due immagini e altezza reale del campanile; [$m_1 = -6.7 \cdot 10^{-4}$, $m_2 = 0.75$, $h_{\text{camp}} = 24 \text{ m}$]
 - verificare graficamente la correttezza della soluzione ottenuta.
- Un diaframma piano di superficie $S = 1.0 \text{ cm}^2$ e massa $m = 18.3 \text{ g}$ è collegato a una molla di costante elastica $k = 3.50 \times 10^4 \text{ N/m}$. All'istante $t = 0$ il diaframma viene messo in vibrazione spostandolo dalla sua posizione di equilibrio di 2.0 mm e lasciandolo andare. Per effetto della vibrazione il diaframma emette un'onda acustica entro un angolo solido $\Sigma = \pi$ steradiani. Assumendo che l'energia persa dal diaframma sia trasferita completamente all'onda acustica senza dissipazione e sapendo che la temperatura dell'aria è 25°C e la pressione atmosferica $P_0 = 101 \text{ kPa}$, determinare:
 - la frazione di energia trasferita dal diaframma all'onda acustica nel corso di un periodo completo di oscillazione; [1.0%]
 - l'equazione del moto e la legge oraria del moto del diaframma, indicando il valore di tutti i parametri che in esse compaiono; [$M \ddot{x} + b \dot{x} + kx = 0$ o $\ddot{x} + 2\gamma \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$; $b = 0.431 \text{ kg/s}$, $\gamma = 1.12 \text{ s}^{-1}$, $\omega_0 = \omega = 1383 \text{ s}^{-1}$; $x(t) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t)$, $x_m = \pm 2.0 \text{ mm}$, a seconda del sistema di riferimento scelto]
 - il livello sonoro massimo percepito da un ascoltatore posto a una distanza $r = 10 \text{ m}$ dal diaframma. [$I_{10\text{m}} = 4.97 \cdot 10^{-4} \text{ W/m}^2$, $L_{10\text{m}} = 87.0 \text{ dB}$]

Prova scritta di preappello di **Onde e Oscillazioni**

10 giugno 2016

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un reticolo di diffrazione a trasmissione, largo 24 mm, è illuminato con luce monocromatica di lunghezza d'onda $\lambda = 600$ nm, e uno schermo centrato è posto alla distanza $D = 2.00$ m dal reticolo. Sapendo che sullo schermo risultano evidenti in modo chiaro 11 frange di interferenza adiacenti l'una all'altra e che la distanza tra il massimo centrale di interferenza e ciascuno dei due massimi adiacenti del 1° ordine è di 100 mm, stimare:
 - Il numero delle fenditure del reticolo e la loro ampiezza; [$N = 2000$, $a = 2 \mu\text{m}$]
 - l'intensità relativa del massimo di interferenza del 4° ordine rispetto a quella del massimo centrale; [$\alpha_4^{\text{int}} = 2/3 \pi = 120^\circ \rightarrow I_4/I_0 = 17.1\%$]
 - la posizione e l'ampiezza angolare dei massimi del 5° ordine. [$y_5 = \pm 516$ mm, $\delta\theta_5 = 2.58 \cdot 10^{-5}$]
- Una massa $M = 0.800$ kg è collegata a una molla senza peso, di costante elastica $k = 20.0$ N/m, che le permette di oscillare lungo l'asse delle x . All'istante iniziale la massa, che si trova a riposo nella posizione di equilibrio, riceve un impulso $\vec{I} = -1.00 \vec{i}$ N s che la mette in movimento. Sapendo che l'ampiezza dell'oscillazione che ne deriva diventa cento volte più piccola in un tempo $t = 46.0$ s, determinare:
 - l'equazione del moto indicando il valore di tutti i parametri che in essa compaiono con le rispettive cifre significative; [$M \ddot{x} + b \dot{x} + kx = 0$ o $\ddot{x} + 2\gamma \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$; $b = 0.16$ kg/s, $\gamma = 0.1$ s⁻¹, $\omega_0 = \omega = 5.00$ s⁻¹]
 - la legge oraria indicando il valore di tutti i parametri che in essa compaiono con le rispettive cifre significative; [$x(t) = -x_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t)$, $x_m = 0.25$ m]
 - l'espressione dell'energia totale in funzione del tempo ed il valore dell'energia cinetica al tempo $t = 4.00$ s. [$E_t(t) = 1/2 k x_m^2 e^{-2\gamma t} = 1/2 M \omega^2 x_m^2 e^{-2\gamma t}$; $K(4s) = 48$ mJ]
- Una canna d'organo è accordata per emettere sull'armonica fondamentale una frequenza pari a 196 Hz (Sol3). Sapendo che tra le armoniche emesse dalla canna non può esistere il Sol4 (392 Hz), che la temperatura dell'aria è di 23° C e la sua densità 1.28 kg/m³, determinare:
 - il tipo di canna e la sua lunghezza; [aperta/chiusa, $L = \lambda_1/4 = 0.44$ m]
 - il livello sonoro percepito a 30 m dalla canna, sapendo che la potenza è emessa in un angolo solido di π steradiani ed è pari a 200 mW; [$I = 7.1 \cdot 10^{-5}$ W/m², $L = 78.5$ dB]
 - l'ampiezza dell'onda di pressione e di spostamento nella posizione dell'ascoltatore, supponendo che l'onda trasporti solo la fondamentale. [$\delta p_m = 0.25$ Pa, $s_m = 0.46 \mu\text{m}$]
- Un piccolo oggetto è posto sull'asse ottico di una lente simmetrica con $f_{\text{lente}} = -20$ cm e, dalla parte opposta rispetto all'oggetto, viene posto uno specchio con focale $f_{\text{specchio}} = 20$ cm. Sapendo che anche le distanze tra l'oggetto e la lente e quella tra la lente e lo specchio sono pari a 20 cm, determinare:
 - i raggi di curvatura dei due elementi ottici del sistema, sapendo che l'indice di rifrazione della lente è pari a 1.5; [$R_{1,\text{lente}} = -R_{2,\text{lente}} = -20$ cm, $R_{\text{specchio}} = 40$ cm]
 - la natura, la posizione e la magnificazione dell'immagine formata dal sistema ottico nel suo insieme; [immagine virtuale, $d_i = -40$ cm, cioè 20 cm dietro lo specchio, $m_{\text{totale}} = 1$]
 - verificare graficamente la correttezza della soluzione ottenuta.

2^a prova scritta in itinere di **Onde e Oscillazioni**

10 giugno 2016

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un reticolo di diffrazione a trasmissione, largo 24 mm, è illuminato con luce monocromatica di lunghezza d'onda $\lambda = 600$ nm, e uno schermo centrato è posto alla distanza $D = 2.00$ m dal reticolo. Sapendo che sullo schermo risultano evidenti in modo chiaro 11 frange di interferenza adiacenti l'una all'altra e che la distanza tra il massimo centrale di interferenza e ciascuno dei due massimi adiacenti del 1° ordine è di 100 mm, stimare:
 - Il numero delle fenditure del reticolo e la loro ampiezza; [$N = 2000$, $a = 2 \mu\text{m}$]
 - l'intensità relativa del massimo di interferenza del 4° ordine rispetto a quella del massimo centrale; [$\alpha_4^{\text{int}} = 2/3 \pi = 120^\circ \rightarrow I_4/I_0 = 17.1 \%$]
 - la posizione e l'ampiezza angolare dei massimi del 5° ordine; [$y_5 = \pm 516$ mm, $\delta\theta_5 = 2.58 \cdot 10^{-5}$]
- Un sistema ottico è formato da due lenti, $L^{(1)}$ e $L^{(2)}$. $L^{(1)}$ è convergente, ha $f^{(1)} = 20$ cm e $R_1^{(1)} = 12$ cm. $L^{(2)}$ è divergente, ha $f^{(2)} = -20$ cm e $R_1^{(2)} = 40$ cm. L'indice di rifrazione delle lenti è $n = 1.5$. Un piccolo oggetto viene posto alla sinistra di $L^{(1)}$, alla distanza di 30 cm, mentre $L^{(2)}$ viene posta alla destra di $L^{(1)}$, ad una distanza ignota. Sulla base dei dati:
 - determinare i raggi di curvatura R_2 delle due lenti; [$R_2^{(1)} = -60$ cm, $R_2^{(2)} = 8$ cm]
 - disegnare schematicamente le due lenti; [bi-convessa e menisco-concava]
 - calcolare la distanza d a cui deve essere posta $L^{(2)}$ perché il sistema ottico formi nel suo complesso un'immagine reale, con magnificazione trasversale $m = -4$; [$d = 50$ cm]
 - costruire graficamente l'immagine formata dalle due lenti, utilizzando preferibilmente le proprietà di entrambi i fuochi.
- Una sottile chiazza d'olio di semi ($n_{\text{olio}} = 1.47$) galleggia sulla superficie di una vasca piena d'acqua ($n_{\text{acqua}} = 1.33$). Facendo incidere perpendicolarmente alla superficie un'onda monocromatica di lunghezza d'onda variabile ($n_{\text{aria}} = 1$), si osservano due massimi di riflettività per le lunghezze d'onda consecutive $\lambda_1 = 630$ nm e $\lambda_2 = 450$ nm). Sulla base dei dati calcolare:
 - lo spessore della chiazza d'olio; [$d = 536$ nm]
 - la frazione dell'intensità dell'onda incidente che viene riflessa alle due frequenze in cui si ha interferenza costruttiva; [$I_r/I_i = 5.7 \cdot 10^{-2}$, in entrambi i casi]
 - confrontare il risultato del punto b) con quello che si ottiene senza l'olio in superficie. [$I_r/I_i = 2.0 \cdot 10^{-2}$]
- Un piccolo oggetto è posto sull'asse ottico di una lente simmetrica con $f_{\text{lente}} = -20$ cm e, dalla parte opposta rispetto all'oggetto, viene posto uno specchio con focale $f_{\text{specchio}} = 20$ cm. Sapendo che anche le distanze tra l'oggetto e la lente e quella tra la lente e lo specchio sono pari a 20 cm, determinare:
 - I raggi di curvatura dei due elementi ottici del sistema, sapendo che l'indice di rifrazione della lente è pari a 1.5; [$R_{1,\text{lente}} = -R_{2,\text{lente}} = -20$ cm, $R_{\text{specchio}} = 40$ cm]
 - la natura, la posizione e la magnificazione dell'immagine formata dal sistema ottico; [immagine virtuale, $d_i = -40$ cm, cioè 20 cm dietro lo specchio, $m_{\text{totale}} = 1$]
 - verificare graficamente la correttezza della soluzione ottenuta.

1^a prova scritta in itinere di **Onde e Oscillazioni**

15 aprile 2016

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una molla di costante elastica $k = 10.0 \text{ N/m}$ è appesa al soffitto. Improvvisamente all'istante $t = 0$ le viene appesa una massa, inizialmente ferma. La massa si sposta verso il basso di 40.0 cm prima di invertire il suo moto. Sapendo che dopo 50 oscillazioni complete l'ampiezza di oscillazione si è ridotta a 32.0 cm :
 - determinare il valore della massa; [$m = 204 \text{ g}$]
 - scrivere l'equazione del moto, specificando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono; [$\ddot{x} + 2\gamma \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$; $\omega_0 = 7.00 \text{ s}^{-1}$; $\gamma = 4.97 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$]
 - utilizzando un sistema di riferimento orientato verso l'alto, scrivere la legge oraria del moto, specificando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono. [$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t)$; $\omega = \omega_0$; $x_m = 0.20 \text{ m}$]
- Una sirena omnidirezionale viene lasciata cadere verticalmente dalla sommità della torre di Pisa. Un ascoltatore posto alla base della torre rileva che il rapporto tra la frequenza della sirena quando è ferma alla sommità della torre e quella poco prima di colpire il suolo è pari a 0.90 . Sapendo inoltre che la sirena emette una potenza di 0.10 W entro un angolo solido di 4π steradiani, che la temperatura dell'aria è di $0 \text{ }^\circ\text{C}$ e che la densità dell'aria è pari a 1.29 kg/m^3 :
 - stimare l'altezza della torre, trascurando la resistenza dell'aria; [$h = 56.0 \text{ m}$]
 - trascurando gli effetti dell'attenuazione per assorbimento, determinare il livello sonoro e l'ampiezza dell'onda di pressione percepiti dall'ascoltatore quando la sirena si trova ferma sulla sommità della Torre. [$L = 64.0 \text{ dB}$; $\delta p_m = 4.66 \cdot 10^{-2} \text{ Pa}$]
- Uno spezzone di corda semi-infinito è collegato nel punto $z = 0$ ad un altro spezzone di corda semi-infinito, costituito dallo stesso materiale. Entrambi gli spezzone hanno sezione circolare. Sulla prima corda propaga in direzione del punto di congiunzione un'onda armonica progressiva con una potenza media $P_i = 10 \text{ W}$. Sapendo che l'ampiezza dell'onda incidente è pari al doppio di quella dell'onda trasmessa, determinare:
 - i coefficienti di trasmissione e di riflessione di ampiezza; [$t = 0.5$; $r = -0.5$]
 - la potenza media trasportata dalle onde trasmessa e riflessa; [$P_r = 2.5 \text{ W}$, $P_t = 7.5 \text{ W}$]
 - il rapporto tra il raggio della prima e della seconda corda. [$R_1/R_2 = 1/3$]
- Una canna d'organo ha una frequenza fondamentale di risonanza di 110 Hz , ma è priva di armoniche alla frequenza di 220 Hz . Sapendo che la temperatura dell'aria è pari a $35 \text{ }^\circ\text{C}$, che la pressione atmosferica è $1.0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$, che l'onda sonora fuoriesce da un'apertura di 50 cm^2 in un angolo solido di $\pi/6$ steradiani, e infine che l'ampiezza dell'onda di spostamento all'uscita della canna è di $350 \text{ } \mu\text{m}$, determinare:
 - il tipo e la lunghezza della canna; [aperta-chiusa, $L = 0.80 \text{ m}$]
 - le lunghezze d'onda delle prime tre armoniche emesse oltre alla fondamentale; [$\lambda_3 = 1.07 \text{ m}$, $\lambda_5 = 0.64 \text{ m}$, $\lambda_7 = 0.46 \text{ m}$]
 - il livello sonoro e l'ampiezza dell'onda di pressione alla distanza di 80 m , trascurando l'attenuazione dell'aria; [$L = 72.4 \text{ dB}$, $\delta p_m = 0.118 \text{ Pa}$]
 - relativamente alla fondamentale, disegnare schematicamente le onde stazionarie di spostamento, pressione e densità all'interno della canna, distinguendole chiaramente.

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

15 febbraio 2016

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un'auto si muove lungo un rettilineo alla velocità di 70 km/h e viene superata da un'autopompa dei pompieri con la sirena accesa. Durante l'avvicinamento gli occupanti dell'auto percepiscono la sirena ad una frequenza di 580 Hz e durante l'allontanamento a 526 Hz. La temperatura dell'aria è 0 °C. Determinare:
 - la velocità dell'autopompa; [$v = 35.5 \text{ m/s} = 128 \text{ km/h}$]
 - la frequenza emessa dalla sirena dell'autopompa. [$v = 550 \text{ Hz}$]
- Due masse di 5 kg sono attaccate alle estremità di una molla con costante elastica di 10 N/m in assenza di gravità. Le masse vengono spostate fino ad allungare la molla di 40 cm e all'istante $t=0$ vengono lasciate andare contemporaneamente. Nel corso di ogni periodo di oscillazione l'ampiezza di oscillazione di ognuna delle masse rispetto alla sua posizione di equilibrio si riduce dello 0.1%. Determinare:
 - l'equazione del moto di una delle masse rispetto alla sua posizione di equilibrio, indicando i valori numerici dei parametri che in essa compaiono; [$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$ con: $\omega_0 = 2.0 \text{ s}^{-1}$; $\gamma = 3.18 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$; ovvero $m\ddot{x} + b\dot{x} + k_{eq}x = 0$ con: $m = 5 \text{ kg}$; $b = 3.18 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$; $k_{eq} = 20 \text{ N/m}$]
 - la legge oraria del moto, indicando i valori numerici dei parametri che in essa compaiono; [$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t)$ con: $x_m = 20 \text{ cm}$, $\omega = \omega_0$]
 - l'energia totale del sistema formato dalle due masse e dalla molla dopo 10 periodi completi di oscillazione. [$E_t(0) = 0.8 \text{ J}$; $E_t(10 T) = 0.784 \text{ J}$]
- Un piccolo oggetto di altezza 1.0 cm è posto a una distanza $3f/2$ da una lente convergente L_1 di lunghezza focale $f=50 \text{ cm}$. L'oggetto è posto alla sinistra della lente L_1 . Alla destra di L_1 è posta una lente divergente L_2 di lunghezza focale $-f$. Determinare la posizione e l'ingrandimento dell'immagine nelle seguenti configurazioni, accompagnando le soluzioni con le relative costruzioni:
 - la distanza tra le lenti sia pari a f ; [$d_{12} = -1.0 \text{ m}$, $m_t = 2$]
 - la distanza tra le lenti sia pari a $4f$. [$d_{12} = -0.25 \text{ m}$, $m_t = -1$]
- Due fenditure aventi la stessa larghezza sono illuminate da un'onda piana monocromatica di lunghezza d'onda 632.8 nm. Su uno schermo distante da queste 4,0 m sono visibili nel massimo di diffrazione centrale 9 massimi di interferenza distanziati di 1.3 cm l'uno dall'altro.
 - Stimare la larghezza delle fenditure. [$a = 39 \mu\text{m}$]
 - Determinare la distanza tra le fenditure. [$d = 195 \mu\text{m}$]
 - Stimare il rapporto tra l'intensità del terzo massimo d'interferenza e l'intensità massima misurabile sullo schermo. [$I_3/I_0 = 0.26$]
 - Determinare la larghezza del massimo centrale d'interferenza e di quello di diffrazione (entrambi da minimo a minimo) qualora sia collocata a ridosso della fenditura una lente convergente con una lunghezza focale di 60 cm. [$\Delta y_{\text{int}} = 1.95 \text{ mm}$; $\Delta y_{\text{diff}} : 1.95 \text{ cm}$]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni** 26 gennaio 2016

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una canna d'organo, che opera alla temperatura ambiente di 20 °C, è accordata per emettere sull'armonica fondamentale una frequenza pari 98 Hz (Sol2). Sapendo che tra le armoniche emesse dalla canna non esiste il Sol4 (392 Hz) e che la densità dell'aria è $\rho_0 = 1.22 \text{ kg/m}^3$, determinare:
 - la lunghezza della canna giustificando la risposta; [aperta/chiusa, $v=343 \text{ m/s}$, $\lambda=3.50 \text{ m}$, $L=0.875 \text{ m}$]
 - il livello sonoro percepito da un ascoltatore a 50 m, sapendo che la potenza è emessa in un angolo solido di 2π steradiani ed è pari a 0.50 W; [75 dB]
 - l'ampiezza dell'onda di pressione alla distanza dell'ascoltatore. [$\delta p_m=0.16 \text{ Pa}$]
- Una massa $M = 1.000 \text{ kg}$ è sospesa ad una molla di costante elastica $k = 100.0 \text{ N/m}$ ed oscilla verticalmente lungo l'asse y con un moto la cui ampiezza diminuisce del 20.0% in 10.0 s. Sapendo che all'istante iniziale la massa si muove verso il basso, che la sua energia cinetica $K(0)$ è massima ed è pari a 2.00 J, si determini:
 - l'equazione differenziale che regge il moto; [$M\ddot{y} + b\dot{y} + ky = 0$ ovvero $\ddot{y} + 2\gamma\dot{y} + \omega_0^2 y = 0$, $\gamma = b/2M$, $\omega_0^2 = k/M$]
 - la legge oraria, $y = y(t)$, che descrive il movimento della massa, calcolando il valore di tutte le grandezze che vi compaiono ed indicando le rispettive unità di misura; [con y verso l'alto: $y(t) = -y_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t) = y_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t \pm \pi)$, $\omega = \omega_0 = 10 \text{ s}^{-1}$, $\gamma = 2.2 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$, $y_m = 20 \text{ cm}$]
 - la posizione e la velocità della massa all'istante $t = 5.00 \text{ s}$, indicando e giustificando le cifre significative del risultato; [$y(5\text{s}) = 4.7 \text{ cm}$, $y'(5\text{s}) = -1.73 \text{ m/s}$]
 - la posizione y_0 di riposo dell'estremo della molla, nello stesso sistema di riferimento utilizzato precedentemente, qualora si sconnetta la massa sospesa. [$y_0 = 9.8 \text{ cm}$]
- Un reticolo di diffrazione è largo 25 mm e presenta 5000 righe. Determinare:
 - la posizione angolare dei massimi del primo ordine per $\lambda_1 = 450 \text{ nm}$ e $\lambda_2 = 600 \text{ nm}$; [$\theta_{11} = \pm 9.0 \cdot 10^{-2} \text{ rad}$, $\theta_{12} = \pm 12.0 \cdot 10^{-2} \text{ rad}$]
 - la larghezza angolare dei due massimi; [$\delta\theta_{11} = 1.8 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$, $\delta\theta_{12} = 2.4 \cdot 10^{-5} \text{ rad}$,]
 - la posizione degli stessi due massimi nel piano focale di una lente di lunghezza focale $f=50 \text{ cm}$, posta a contatto della superficie del reticolo; [$y_{11} = \pm 45.0 \text{ mm}$, $y_{12} = \pm 60.0 \text{ mm}$]
 - la più piccola differenza di lunghezze d'onda che il reticolo è in grado di risolvere al primo e al secondo ordine rispetto a $\lambda_2 = 600 \text{ nm}$. [$\Delta\lambda_{2,1} = 0.12 \text{ nm}$, $\Delta\lambda_{2,2} = 0.06 \text{ nm}$]
- Un sistema ottico consiste di due lenti convergenti, la prima bi-convessa e la seconda piano-convessa. I moduli dei raggi di curvatura della prima lente sono entrambi $|R_1| = 20 \text{ cm}$, mentre quello della seconda lente è $|R_2| = 10 \text{ cm}$. Il materiale delle lenti ha indice di rifrazione $n = 1.5$. Sapendo che un piccolo oggetto reale è posto a 10 cm dalla prima lente e che il sistema ottico formato dalle due lenti forma un'immagine reale alla distanza di 30 cm dalla seconda lente, calcolare:
 - le distanze focali f_1 e f_2 di ciascuna delle due lenti; [$f_{11} = f_{21} = 20 \text{ cm}$; $f_{12} = f_{22} = 20 \text{ cm}$]
 - la distanza tra le due lenti che formano il sistema ottico; [$d = 40 \text{ cm}$]
 - la magnificazione trasversale del sistema di lenti. [$m_1 = 2$, $m_2 = -0.5$, $m_{\text{totale}} = -1$]Costruire graficamente l'immagine utilizzando per entrambe le lenti tutti e tre i raggi di cui è immediatamente noto il percorso senza dover fare conti.

Prova scritta del corso di: **Onde e Oscillazioni**
18 settembre 2015

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa $m = 1.00$ kg è collegata a due molle orizzontali contrapposte di costante elastica $k_1 = 20.0$ N/m e $k_2 = 80.0$ N/m, ed oscilla scivolando senza attrito su di un piano orizzontale. All'istante iniziale la velocità della massa è di -0.40 m/s e la distanza della massa dalla posizione di equilibrio è di $+5.0$ cm. Dopo esattamente 80 periodi completi di oscillazione la distanza della massa dalla posizione di equilibrio è di $+2.4$ cm. Determinare:
 - l'equazione del moto, specificando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono;
[$m \ddot{x} + b \dot{x} + kx = 0$; $\ddot{x} + 2\gamma \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$, $\omega_0 = 10.0$ s⁻¹, $\gamma = 1.46 \cdot 10^{-2}$ s⁻¹, $b = 2.92 \cdot 10^{-2}$ kg s⁻¹]
 - la legge oraria del moto, specificando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono;
[$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \varphi)$, $\omega = \omega_0$, $x_m = 6.4$ cm, $\varphi = 0.675$ rad]
 - dopo quanto tempo l'energia dell'oscillatore è ridotta al 10% del suo valore iniziale; [78.8 s]
- Una grande canna d'organo è accordata per emettere sull'armonica fondamentale una frequenza pari a 65.4 Hz. Sapendo che tra le armoniche emesse dalla canna esiste anche quella con frequenza di 261.6 Hz, che la temperatura dell'aria è di 25° C e la sua densità 1.18 kg/m³, determinare:
 - la lunghezza della canna, giustificando la risposta; [$L = 2.65$ m]
 - la frequenza e la lunghezza d'onda delle prime 3 armoniche emesse dalla canna [$\nu_1 = 65.4$ Hz, $\nu_2 = 130.8$ Hz, $\nu_3 = 196.2$ Hz; $\lambda_1 = 5.29$ m, $\lambda_2 = 2.65$ m, $\lambda_3 = 1.77$ m]
 - il livello sonoro percepito da un ascoltatore a 40 m, sapendo che la potenza media è pari a 400 mW ed è emessa in un angolo solido di 2π steradiani; [$L = 76.0$ dB]
 - l'ampiezza delle onde di pressione e di spostamento alla distanza dell'ascoltatore, supponendo che tutta la potenza sia emessa sulla prima armonica. [$\delta p_m = 0.18$ Pa, $s_m = 1.07$ μ m]
- Un sistema ottico è formato da due lenti convergenti allineate. La prima lente, posta a una distanza di 15.0 cm alla destra di un oggetto, ha una lunghezza focale pari a 10.0 cm. La seconda lente, posta alla destra della prima, ha una lunghezza focale di 10.0 cm. Uno schermo è posto a destra della seconda lente. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche
 - Determinare la distanza tra l'oggetto e lo schermo nella condizione in cui il sistema ottico forma un'immagine con ingrandimento $+1.0$ [$d_{og-sc} = 90$ cm, $d_{o1} = 15.0$ cm, $d_{i1} = 30.0$ cm, $d_{o2} = 30.0$ cm, $d_{i2} = 15.0$ cm, $d_{i2} = 60.0$ cm]
 - Si assuma ora di avvicinare la prima lente all'oggetto di 1.00 cm e di tenere fermi oggetto e schermo. Determinare di quanto deve essere spostata la seconda lente per continuare a vedere un'immagine a fuoco sullo schermo. Determinare inoltre l'ingrandimento di questa immagine. [due soluzioni: $sp_1 = -2.3$ cm, $m_{t1} = 1.82$; $sp_2 = -8.7$ cm, $m_{t2} = 3.43$]
- Un reticolo di diffrazione è posto a una distanza di 2,0 m da uno schermo. Illuminando il reticolo con la luce verde di un laser con $\lambda = 633$ nm, su uno schermo centrato si distinguono chiaramente cinque massimi di intensità. La distanza tra il massimo centrale e i due massimi del primo ordine ad esso adiacenti è pari a 212 mm. Si determinino:
 - la distanza tra le fenditure del reticolo; [$d = 6.00$ μ m]
 - una stima della larghezza delle fenditure del reticolo; [$a \approx 2.00$ μ m]
 - il numero minimo di fenditure che deve avere il reticolo, sapendo che al second'ordine risultano distinguibili le due lunghezze d'onda del doppietto del sodio ($\lambda_{D1} = 589,6$ nm, $\lambda_{D2} = 589,0$). [$N \geq 492$]

Prova scritta del corso di: **Onde e Oscillazioni**

16 luglio 2015

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un'onda trasversale, di equazione $y(x,t) = y_m \cos(kx - \omega t + \pi/3)$, si propaga su una corda infinita senza peso. Sapendo: che la corda è fatta con un materiale con $\rho_c = 7.80 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$ e ha una sua sezione $S = 1.00 \text{ mm}^2$; che l'onda ha frequenza $\nu = 200 \text{ Hz}$, numero d'onda $k = 2\pi \text{ m}^{-1}$ e trasporta una potenza media $P_{\text{media}} = 100 \text{ W}$, si determinino:
 - le grandezze: ω , λ , v e y_m ; [$1.26 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$, 1.00 m , 200 m/s , 9.0 mm]
 - la velocità e l'accelerazione trasversale dell'onda, $v_y(x,t)$ e $a_y(x,t)$; [$v_y(x,t) = y_m \omega \sin(kx - \omega t + \pi/3)$; $a_y(x,t) = -y_m \omega^2 \cos(kx - \omega t + \pi/3)$]
 - disegnare su uno stesso grafico le grandezze: $y(x,0)$, $v_y(x,0)$, $a_y(x,0)$ e $P(x,0)$, indicando chiaramente l'origine del sistema di coordinate adottato.
- Un fischietto, costituito sostanzialmente da un tubetto metallico chiuso a un estremo e aperto all'altro, emette una frequenza fondamentale di 3.00 kHz , quando è suonato alla temperatura ambiente di $32 \text{ }^\circ\text{C}$. Sapendo che in queste condizioni: i) la densità dell'aria è pari a 1.15 kg/m^3 , ii) l'attenuazione pari a -6 dB/km , iii) il livello sonoro percepito da un ascoltatore alla distanza di 500 m risulta essere $L = 40 \text{ dB}$ e che infine iv) l'emissione del suono avviene in un angolo solido $\Sigma = \pi/9$ steradiani, sulla base dei dati e supponendo che tutta la potenza sia associata alla frequenza fondamentale, determinare:
 - la lunghezza d'onda del modo fondamentale e la lunghezza del fischietto; [11.7 cm , 29 mm]
 - La potenza media emessa dal fischietto; [$P_m = 1.74 \text{ mW}$]
 - l'intensità e l'ampiezza dell'onda di pressione che arriva all'orecchio dell'ascoltatore; [$1.00 \cdot 10^{-8} \text{ W/m}^2$, $2.84 \cdot 10^{-3} \text{ Pa}$]
 - Il numero di armonica, la frequenza e la lunghezza d'onda in aria della massima armonica emessa dal fischietto che è teoricamente udibile. [$n=5$; $\nu_5 = 15 \text{ kHz}$; $\lambda_5 = 23 \text{ mm}$]
- In uno dei bracci di un interferometro di Michelson è installata una cella, munita di due sottili finestre di zaffiro, che può essere evacuata, ovvero riempita lentamente con un gas di cui si voglia misurare l'indice di rifrazione. Dopo aver fatto il vuoto nella cella ed allineato lo strumento in modo da avere un massimo di interferenza sullo schermo, viene iniettato lentamente un gas denso fino alla pressione di $1.000 \cdot 10^5 \text{ Pa}$. Facendo l'esperimento con la luce di un laser He-Ne ($\lambda_1 = 632.8 \text{ nm}$) si contano 3634 frange di interferenza durante il riempimento. Ripetendo lo stesso esperimento utilizzando aria in "condizioni normali" ($n_a = 1.0002926$) al posto del gas denso ed utilizzando un laser a vapori di argon ($\lambda_2 = 488.0 \text{ nm}$) se ne contano 240 . Sulla base dei dati determinare, con le corrette cifre significative:
 - la lunghezza della cella, specificando come questa lunghezza è definita e l'eventuale influenza dello spessore delle finestre di zaffiro; [$L = 200 \text{ mm}$, interna, lo spessore delle finestre non incide]
 - l'indice di rifrazione del gas denso alla pressione considerata; [$n_g = 1.005745$]
 - la velocità della luce nel gas di cui è stata riempita la cella. [$v_g = 2.981 \cdot 10^8 \text{ m/s}$]
- Si consideri una lastra di plexiglass ($n_p = 1.5$), immersa in aria ($n_a = 1$), con due facce piane e parallele distanti tra loro $s = 6.0 \text{ cm}$. Un punto luminoso P, posto alla distanza $D = 1.00 \text{ m}$ dalla lastra, invia un fascio di raggi parassiali centrati sulla perpendicolare (asse ottico) ad una delle due superfici piane. Accompagnando obbligatoriamente le soluzioni con disegni esplicativi e commenti, determinare:
 - la natura e la posizione delle due immagini del punto P che si formano per riflessione sulle due superfici piane; [$d_{r1} = D = 1.0 \text{ m}$, virtuale; $d_{r2} = D + 2s(n_a/n_p) = 1.08 \text{ m}$, virtuale; entrambe nel semipiano opposto alla sorgente e osservabili dal lato sorgente]
 - la natura e la posizione dell'immagine del punto P formata dai raggi che attraversano la lastra dopo doppia rifrazione. [$d_t = -(D + s/n_p) = -1.04 \text{ m}$, virtuale; immagine della sorgente che si forma dal lato sorgente ed è vista guardando dal semipiano opposto ad essa, dal quale è misurata la distanza]

Prova Scritta del corso di: **Onde e Oscillazioni** 6 luglio 2015

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una molla con costante elastica $k=100$ N/m in condizioni di riposo è vincolata al soffitto a uno dei suoi due estremi. All'istante $t=0$ all'estremo inferiore viene agganciata una massa, che viene lasciata cadere. La massa percorre 78 cm verso il basso e quindi inverte il suo moto. Dopo 100 oscillazioni complete l'escursione completa dell'oscillazione dal punto superiore a quello inferiore è pari a 50 cm. Determinare:
 - La frequenza di oscillazione dell'oscillatore in assenza di smorzamento; [$\nu_0 = 0.798$ Hz, $\omega_0 = 5.01$ rad/s]
 - l'equazione differenziale che regge il moto armonico smorzato e tutte le grandezze che in essa compaiono; [$\ddot{x} + 2\gamma \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$; $\omega_0 = 5.01$ rad/s, $\gamma = 3.55 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$]
 - la legge oraria che descrive il movimento della massa, specificando il sistema di riferimento che viene adottato; [$x(t) = x_m \exp(-\gamma t) \cos(\omega t + \varphi)$; $x_m = 0.39$ m, $\omega \approx \omega_0 = 5.01$ rad/s, $\varphi = 0$, asse x rivolto verso l'alto e centrato sulla posizione di equilibrio]
 - l'energia cinetica e l'energia potenziale elastica associate al moto armonico al termine della centesima oscillazione completa. [$K = 0$ J; $U_e = 3.13$ J]
- Un'abitazione è rivestita da pannelli acustici isolanti con un coefficiente di attenuazione per assorbimento pari a 200 dB/m. La superficie esterna dei pannelli viene investita da onde acustiche di intensità pari a 80 dB provenienti da uno stabilimento industriale posto a 100 m dall'abitazione. Assumendo che la sorgente possa essere considerata puntiforme, che l'emissione delle onde avvenga entro un angolo solido di 2π steradiani e che l'attenuazione per assorbimento dell'aria sia trascurabile, determinare:
 - La potenza media delle onde acustiche emesse dallo stabilimento; [6.3 W]
 - Lo spessore dei pannelli affinché l'onda acustica risulti appena percettibile al di là di essi; [40 cm]
 - La distanza minima dallo stabilimento alla quale dovrebbe essere posta un'abitazione non dotata di pannelli isolanti affinché il livello sonoro risulti inferiore al limite di legge di 70 dB. [316 m]
- Una maschera da subacqueo per miopi è formata da due lenti sottili piano-concave in vetro ($n_v=1.6$) affiancate (una per ogni occhio). La superficie concava di ogni lente ha un raggio di curvatura $|R|=15$ cm ed è rivolta verso l'occhio del subacqueo. Un subacqueo in immersione usa la maschera per osservare un pesce posto alla distanza di 5.0 m. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche, determinare:
 - la lunghezza focale della lente della maschera in aria; [$f = f_1 = f_2 = -25$ cm]
 - la posizione, l'ingrandimento e la natura dell'immagine del pesce formata dalla lente della maschera in immersione (indice di rifrazione dell'acqua $n_a = 1.33$). [$d_i = -23.44$ cm, $m = 6.2 \cdot 10^{-2}$, virtuale]
- Un reticolo di diffrazione presenta 1000 fenditure distribuite su una superficie quadrata di lato 25 mm. Il reticolo viene illuminato con luce policromatica violetta ($\lambda_v = 380$ nm) e rossa ($\lambda_r = 760$ nm) e la figura di interferenza viene proiettata su uno schermo centrato posto a una distanza di 3.0 m dal reticolo. Sapendo che la larghezza di ogni fenditura è uguale a un quarto della distanza tra due fenditure adiacenti, determinare:
 - l'ordine massimo di interferenza m_{\max} ben distinguibile sullo schermo entro il picco centrale di diffrazione; [3]
 - la distanza dal centro dello schermo dei massimi di interferenza di ordine m_{\max} per le due lunghezze d'onda e la semi-larghezza angolare di tali massimi; [$y_{3v} = \pm 13.7$ cm, $y_{3r} = \pm 27.5$ cm, $\delta\theta_{3v} = 1.52 \cdot 10^{-5}$ rad; $\delta\theta_{3r} = 3.05 \cdot 10^{-5}$ rad]
 - Il potere risolutivo massimo del reticolo alle due lunghezze d'onda e le più piccole differenze di lunghezza d'onda risolvibili in corrispondenza di λ_v e λ_r . [$R=3000$, $\Delta\lambda_v = 0.13$ nm, $\Delta\lambda_r = 0.25$ nm]

Prova scritta del corso di: **Onde e Oscillazioni**
22 giugno 2015

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un'onda armonica di frequenza $\nu = 500$ Hz si propaga alla velocità $v_1 = 200$ m/s, in assenza di gravità, su una corda infinita sottoposta ad una tensione di 120 N. Sapendo che al passaggio per il punto $x = 0$ la velocità di propagazione dell'onda si dimezza e che la potenza media dell'onda trasmessa è pari a $\overline{P}_t = 80$ W determinare:
 - il valore della densità lineare dei due tratti di corda; [$\rho_{l1} = 3.0$ g/m; $\rho_{l2} = 12$ g/m]
 - la potenza media trasportata dalle onde incidente e riflessa; [$P_i = 90$ W, $P_r = 10$ W]
 - scrivere le funzioni d'onda delle tre onde (incidente, trasmessa e riflessa) indicando i valori di tutte le grandezze che in esse compaiono. [$y_{mi} = 5.51$ mm; $y_{mt} = 3.68$ mm; $y_{mr} = -1.84$ mm; $k_1 = 15.7$ m⁻¹; $k_2 = 31.4$ m⁻¹; $\omega = \omega_1 = \omega_2 = 3.14 \cdot 10^3$ s⁻¹]
- Una canna d'organo emette una frequenza fondamentale corrispondente a un La2 ($\nu_1 = 110$ Hz) alla temperatura di 20 °C in un angolo solido $\Sigma = \pi/2$ steradiani. Un ascoltatore alla distanza di 50 m nella direzione del suono percepisce un livello sonoro di 87 dB. Sapendo che: i) nello spettro emesso non esiste il La4 ($\nu_4 = 440$ Hz), ii) la densità dell'aria è $\rho_0 = 1.25$ kg/m³, iii) si possono trascurare l'attenuazione dell'aria e la potenza trasferita dalle armoniche superiori, si determini
 - la lunghezza della canna e le lunghezze d'onda in aria delle prime 3 armoniche emesse oltre alla fondamentale; [$L_c = 780$ mm; $\lambda_3 = 1.039$ m; $\lambda_5 = 624$ mm; $\lambda_7 = 445$ mm;]
 - la potenza media emessa dallo strumento; [$P = 1.97$ W]
 - l'ampiezza delle onde di pressione e di spostamento nella posizione dell'ascoltatore. [$\delta p_m = 0.66$ Pa, $s_m = 2.2$ μm]
- Una lente biconvessa e simmetrica è realizzata con un vetro di indice di rifrazione pari a 1.5. Le sue superfici hanno un raggio di curvatura $|R_L| = 15$ cm. La lente è posta a una distanza di 25 cm da uno specchio concavo con un raggio di curvatura $|R_S| = 20$ cm. A metà distanza tra la lente e lo specchio è posto un piccolo oggetto di altezza 1 mm. Si determinino:
 - la posizione, la natura e la magnificazione delle due immagini dell'oggetto formate dal sistema ottico; [posizioni riferite alla lente, positive se verso lo specchio: $d_{i1} = 75$ cm, virtuale, $m_1 = 6$; $d_{i2} = -9.4$ cm, reale, $m_2 = -1.5$]
 - Verificare le soluzioni del problema con le relative costruzioni grafiche.Nota: le immagini sono due in quanto l'oggetto emette raggi verso la lente e verso lo specchio.
- Uno sottile strato antiriflesso di fluoruro di magnesio ($n = 1.38$) viene depositato su una lastra di vetro flint ($n = 1.65$). Lo spessore dello strato viene determinato in modo da avere interferenza distruttiva tra le due onde riflesse, per incidenza normale al centro del visibile ($\lambda = 550$ nm). In queste condizioni determinare:
 - lo spessore minimo dello strato affinché la luce riflessa dalla sua superficie a contatto con l'aria interferisca distruttivamente con quella riflessa all'interfaccia strato-vetro; [99.7 nm]
 - l'intensità dell'onda riflessa complessivamente dallo strato antiriflesso, normalizzata a quella dell'onda incidente; [0.53%]
 - il rapporto tra l'intensità dell'onda riflessa con e senza strato antiriflesso. [0.088]

Prova Scritta di preappello del corso di: **Onde e Oscillazioni** 10 giugno 2015

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un sistema oscillante orizzontalmente è formato da una massa di 4.0 kg collegata ad una molla con costante elastica $k=100$ N/m. Sapendo che *i*) all'istante iniziale l'energia totale del sistema è pari a 16 J e quella potenziale pari a 8.0 J; *ii*) all'istante iniziale la massa si sta spostando verso l'origine con velocità positiva; *iii*) dopo 50 secondi la sua energia totale si è ridotta di un fattore e , si determinino, indicando il valore di tutte le grandezze che in esse compaiono:
 - la velocità e la posizione della massa all'istante $t=0$; [$x(0)=-40$ cm, $v(0)=2$ m/s]
 - l'equazione differenziale che regge il moto armonico smorzato; [$\omega=5$ rad/s, $\gamma=1.0 \cdot 10^{-2}$ s $^{-1}$]
 - la legge oraria, $x=x(t)$, che descrive il movimento della massa. [$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \varphi)$; $x_m=0.57$ m; $\varphi=5\pi/4$ rad=3.93 rad]
- Una sirena emette un'onda acustica di frequenza 660 Hz e potenza 2.0 W entro un angolo solido di $\pi/8$ steradiani. Un ascoltatore si trova a una distanza R ignota dalla sorgente. Avvicinandosi di 100 m alla sorgente l'ascoltatore rileva un incremento di intensità di 6.0 dB. Trascurando l'attenuazione per assorbimento dell'aria e assumendo che la temperatura dell'aria sia 25°C e che la densità dell'aria sia 1.18 kg/m 3 , si determinino:
 - la distanza R dell'ascoltatore dalla sorgente; [200 m]
 - il livello sonoro percepito dall'ascoltatore alla distanza R ; [81 dB]
 - l'ampiezza delle onde di pressione e di spostamento percepite da un ascoltatore alla distanza R . [0.32 Pa, 0.22 μ m]
- Due fenditure di larghezza 100 μ m sono investite da un'onda piana luminosa di lunghezza d'onda $\lambda=633$ nm. Uno schermo centrato è posto nel campo lontano della doppia fenditura. Sapendo che *i*) sullo schermo risultano evidenti in modo chiaro 15 frange di interferenza adiacenti l'una all'altra *ii*) la distanza tra il massimo centrale di interferenza e i massimi di interferenza del quarto ordine è di 16.0 mm, determinare:
 - la distanza tra le fenditure; [0.80 mm]
 - la distanza dello schermo; [5.0 m]
 - l'intensità del massimo di interferenza del 6° ordine relativa a quella del massimo centrale. [9.0%]
- Una sfera di diamante ($n_d=2.40$) di raggio $R=4.2$ mm viene investita da un fascio di raggi parassiali provenienti da un piccolo oggetto posto sul suo asse. Trattando le due regioni della sfera attraversate dai raggi di luce come superfici diottriche e assumendo che l'indice di rifrazione dell'aria sia $n_a=1.00$, si determinino:
 - le lunghezze focali delle due superfici diottriche; [$f_1^{(1)} = f_2^{(2)} = 3$ mm, $f_1^{(2)} = f_2^{(1)} = 7.2$ mm]
 - la posizione e l'ingrandimento dell'immagine formata dalle due superfici diottriche quando l'oggetto è posto a 12 mm dalla sfera; [$d_1^{(2)} = 0.43$ mm, $m_t = -0.29$]
 - quale dovrebbe essere l'indice di rifrazione del materiale che costituisce la sfera per far sì che un sottile fascio di raggi paralleli propagante lungo l'asse della sfera venga focalizzato dalla prima superficie diottrica nel vertice della seconda superficie? (giustificare la risposta); [$n=2$]

Si accompagni la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche

2^a prova scritta in itinere del corso di: **Onde e Oscillazioni**
10 giugno 2015

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un sistema ottico è formato da una lente biconvessa L_1 e da una lente biconcava L_2 , posta alla destra di L_1 . La lente L_1 è realizzata in vetro flint ($n_f=1.60$) e la lente L_2 in vetro crown ($n_c=1.50$). Per entrambe le lenti $|R_1|=10$ cm e $|R_2|=15$ cm. Un piccolo oggetto è posto a una distanza di 30 cm a sinistra della lente L_1 . A una distanza di 60 cm alla destra di L_2 si forma un'immagine reale dell'oggetto. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche, determinare:
 - le lunghezze focali delle due lenti; [$f_1^{(1)}=10$ cm, $f_2^{(2)}=-12$ cm]
 - la distanza tra le due lenti e l'ingrandimento dell'immagine finale; [$d=5.0$ cm, $m_t=-3$]
- Due fenditure di larghezza $100\ \mu\text{m}$ sono investite da un'onda piana luminosa di lunghezza d'onda $\lambda=633$ nm. Uno schermo centrato è posto nel campo lontano della doppia fenditura. Sapendo che *i*) sullo schermo risultano evidenti in modo chiaro 15 frange di interferenza adiacenti l'una all'altra *ii*) la distanza tra il massimo centrale di interferenza e i massimi di interferenza del quarto ordine è di 16.0 mm, determinare:
 - la distanza tra le fenditure; [0.80 mm]
 - la distanza dello schermo; [5.0 m]
 - l'intensità del massimo di interferenza del 6° ordine relativa a quella del massimo centrale. [9.0%]
- Una guida di luce (fibra ottica) è costituita da un cilindro di vetro ($n_v=1.65$) ricoperto da una guaina costituita da un materiale plastico trasparente ($n_p=1.40$). Considerando per semplicità solo raggi luminosi propaganti in un piano che contiene anche l'asse della guida stessa
 - si determini l'angolo critico per la riflessione totale interna all'interfaccia vetro/plastica; [1.01 rad, 58.0°]
 - si determini l'angolo di accettazione della guida di luce in aria ($n_a=1.00$), ovvero il massimo angolo formato con l'asse della guida da un raggio incidente su una delle estremità piane del cilindro di vetro che, una volta rifratto all'interno della guida incida in condizioni di riflessione totale interna sulla superficie del cilindro stesso; [1.06 rad, 60.7°]
 - si risponda al punto precedente nel caso in cui l'estremità della guida sia immersa in un olio di indice di rifrazione $n_o=1.57$. [0.59 rad, 33.8°]
- Una sfera di diamante ($n_d=2.40$) di raggio $R=4.2$ mm viene investita da un fascio di raggi parassiali provenienti da un piccolo oggetto posto sul suo asse. Trattando le due regioni della sfera attraversate dai raggi di luce come superfici diottriche e assumendo che l'indice di rifrazione dell'aria sia $n_a=1.00$, si determini:
 - le lunghezze focali delle due superfici diottriche; [$f_1^{(1)}=f_2^{(2)}=3$ mm, $f_1^{(2)}=f_2^{(1)}=7.2$ mm]
 - la posizione e l'ingrandimento dell'immagine formata dalle due superfici diottriche quando l'oggetto è posto a 12 mm dalla sfera; [$d_i^{(2)}=0.43$ mm, $m_t=-0.29$]
 - quale dovrebbe essere l'indice di rifrazione del materiale che costituisce la sfera per far sì che un sottile fascio di raggi paralleli propagante lungo l'asse della sfera venga focalizzato dalla prima superficie diottrica nel vertice della seconda superficie? (giustificare la risposta); [$n=2$]

Si accompagni la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche

1° prova scritta in itinere del corso di: **Onde e Oscillazioni**
27 aprile 2015

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa $M = 400 \text{ g}$ è collegata a una molla senza peso, di costante elastica $k = 10.0 \text{ N/m}$, che le permette di oscillare lungo l'asse delle x . All'istante iniziale la massa, che si trova a riposo nella posizione di equilibrio, riceve un impulso $\vec{I} = -1.00 \vec{i} \text{ N s}$ che la mette in movimento. Sapendo che l'ampiezza dell'oscillazione che ne deriva diventa cento volte più piccola in un tempo $t = 46.0 \text{ s}$, determinare:
 - l'equazione del moto indicando il valore di tutti i parametri che in essa compaiono con le rispettive cifre significative; [$M \ddot{x} + b \dot{x} + k x = 0$ o $\ddot{x} + 2\gamma \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$; $b = 0.08 \text{ kg/s}$, $\gamma = 0.1 \text{ s}^{-1}$, $\omega_0 = \omega = 5.00 \text{ s}^{-1}$]
 - la legge oraria indicando il valore di tutti i parametri che in essa compaiono con le rispettive cifre significative; [$x(t) = -x_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t)$, $x_m = 0.50 \text{ m}$]
 - l'energia totale del sistema in funzione del tempo ed il valore dell'energia cinetica al tempo $t = 4.00 \text{ s}$. [$E_t(t) = 1/2 k x_m^2 e^{-2\gamma t} = 1/2 M \omega^2 x_m^2 e^{-2\gamma t}$; $K(4s) = 95 \text{ mJ}$]
- In assenza di gravità, un'onda armonica di frequenza $\nu = 400 \text{ Hz}$ si propaga, alla velocità $v_1 = 200 \text{ m/s}$, su una corda infinita sottoposta ad una tensione di 100 N . Sapendo che al passaggio per il punto $x = 0$ la velocità di propagazione dell'onda si riduce a $v_2 = 50 \text{ m/s}$ e che la potenza media dell'onda trasmessa è pari a $\overline{P}_t = 64 \text{ W}$ determinare:
 - il valore della densità lineare dei due tratti di corda; [$\rho_{l1} = 2.5 \text{ g/m}$; $\rho_{l2} = 40 \text{ g/m}$]
 - la potenza media trasportata dalle onde incidente e riflessa; [$\overline{P}_i = 100 \text{ W}$; $\overline{P}_r = 36 \text{ W}$]
 - scrivere le funzioni d'onda delle tre onde (incidente, trasmessa e riflessa) indicando i valori di tutte le grandezze che in esse compaiono. [$y_{mi} = 7.96 \text{ mm}$; $y_{mt} = 3.18 \text{ mm}$; $y_{mr} = -4.78 \text{ mm}$; $k_1 = 12.6 \text{ m}^{-1}$; $k_2 = 50.3 \text{ m}^{-1}$; $\omega = \omega_1 = \omega_2 = 2.51 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$]
- Un'auto procede a velocità costante mentre sulla corsia opposta proviene un'auto della polizia che viaggia a 108 km/h con la sirena accesa. Sapendo che la temperatura esterna è di $32 \text{ }^\circ\text{C}$ e che le frequenze sonore percepite in avvicinamento e in allontanamento dal guidatore dell'auto sono rispettivamente pari a 630 Hz e 483 Hz , determinare:
 - la frequenza emessa dalla sirena; [550 Hz]
 - la velocità, in km/h , dell'auto che incrocia la polizia; [59.2 km/h]
- Uno strumento musicale a fiato con canna del tipo aperta/chiusa emette una frequenza fondamentale corrispondente a un sol3 (196 Hz) alla temperatura di $25 \text{ }^\circ\text{C}$ in un angolo solido $\Sigma = \pi/9$ steradiani. Un ascoltatore alla distanza di 100 m nella direzione del suono percepisce un livello sonoro di 81 dB . Supponendo di poter trascurare la potenza trasferita dalle armoniche superiori, che la densità dell'aria sia $\rho_0 = 1.25 \text{ kg/m}^3$ e che l'attenuazione dell'aria sia pari a -6 dB/km : determinare:
 - la lunghezza della canna e le lunghezze d'onda in aria delle prime 3 armoniche emesse oltre alla fondamentale; [$L_c = 441 \text{ mm}$; $\lambda_3 = 588 \text{ mm}$; $\lambda_5 = 353 \text{ mm}$; $\lambda_7 = 252 \text{ mm}$;]
 - la potenza media emessa dallo strumento; [$\overline{P}_t = 505 \text{ mW}$]
 - l'ampiezza delle onde di pressione e di spostamento nella posizione dell'ascoltatore, commentando l'effetto dell'attenuazione dell'aria; [Con attenuazione: $\delta p_m = 0.33 \text{ Pa}$, $s_m = 0.62 \text{ } \mu\text{m}$. Senza attenuazione: $p_m = 0.35 \text{ Pa}$, $s_m = 0.66 \text{ } \mu\text{m}$, l'effetto è marginale.]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

25 febbraio 2015

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa $m = 4.00$ kg è sospesa ad una molla di costante elastica $k_1 = 400.0$ N/m ed oscilla verticalmente. All'istante iniziale la velocità della massa è massima ed è pari a 1.00 m/s. Dopo 40 periodi di oscillazione si osserva che la velocità massima si è ridotta al 5% del valore iniziale. Si determini:
 - la posizione della massa dopo un periodo di oscillazione; [$x(T) = 0$]
 - l'equazione differenziale che regge il moto, calcolando i valori di tutte le grandezze che vi compaiono; [$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$; $\omega_0 = 10$ s⁻¹; $\gamma = 0.12$ s⁻¹]
 - la legge oraria, $x = x(t)$, che descrive il movimento della massa, sempre calcolando i valori di tutte le grandezze che vi compaiono; [$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t)$; $\omega = \omega_0 = 10$ s⁻¹; $\gamma = 0.12$ s⁻¹; $x_m = 10$ cm]
 - come cambia la frequenza di oscillazione della massa se alla molla k_1 viene collegata in parallelo una molla di costante elastica $k_2 = 1200$ N/m. [$\nu' = 2\nu = 3.18$ Hz]
- Due corde identiche, aventi la stessa lunghezza L , sono vincolate ai loro estremi. La tensione della seconda corda è maggiore del 5% di quella della prima. La frequenza di oscillazione fondamentale della prima corda è di 440 Hz. Il livello sonoro a 6.00 m di distanza dalle corde è pari a 30 dB e la temperatura dell'aria è pari a 35°C. Si determinino:
 - le lunghezze d'onda delle onde acustiche emesse dalle due corde quando vibrano alla loro frequenza fondamentale; [$\lambda_1 = 0.80$, $\lambda_2 = 0.78$]
 - le frequenze di battimento tra le onde emesse dalle due corde sulla fondamentale e sulle successive due armoniche; [$\Delta\nu_1 = 10.9$ Hz, $\Delta\nu_2 = 21.7$ Hz, $\Delta\nu_3 = 32.6$ Hz]
 - la distanza alla quale il suono emesso dalle corde risulta appena percettibile (si trascuri l'attenuazione per assorbimento dell'aria). [190 m]
- Una sottile macchia d'olio ($n_{\text{olio}} = 1.47$) galleggia sulla superficie di un recipiente pieno d'acqua ($n_{\text{acqua}} = 1.33$). Facendo incidere perpendicolarmente alla superficie una radiazione monocromatica della quale si può variare con continuità la lunghezza d'onda, si osserva un minimo di riflettività (interferenza distruttiva) per le due lunghezze d'onda consecutive $\lambda_1 = 485$ nm e $\lambda_2 = 582$ nm. La luce incidente sull'olio propaga in aria ($n_{\text{aria}} = 1.00$). Sulla base dei dati:
 - calcolare lo spessore della macchia d'olio; [$d = 0.990$ μm]
 - utilizzando i coefficienti di Fresnel stimare il rapporto tra l'intensità dell'onda riflessa misurata e quella dell'onda incidente in condizioni di interferenza distruttiva, (si trascurino le eventuali riflessioni multiple). [$I_r/I_0 = 2.02$ %]
- Un piccolo oggetto è posto a una distanza 80 cm da una lente convergente L_1 di lunghezza focale $f_1 = 40$ cm. L'oggetto è posto alla sinistra della lente L_1 . Alla destra di L_1 è posta una lente divergente L_2 di focale $f_2 = -40$ cm. Determinare la posizione e l'ingrandimento dell'immagine nelle seguenti configurazioni, accompagnando le soluzioni con le relative costruzioni:
 - la distanza tra le lenti sia pari a 60 cm; [$d_{21} = 40$ cm, $m = -2$]
 - la distanza tra le lenti sia pari a 120 cm. [$d_{21} = -20$ cm, $m = -0.5$]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

30 gennaio 2015

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. Un'onda trasversale, descritta dalla funzione $y(x,t) = y_m \cos(kx - \omega t + \pi/3)$, si propaga in assenza di gravità su una corda infinita. Sapendo che la frequenza e la lunghezza d'onda sono rispettivamente $\nu = 200$ Hz e $\lambda = 1.00$ m, che la corda ha la sezione di 1 mm^2 ed è di acciaio ($\rho = 7.80 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$), ed infine che la potenza media trasportata dall'onda è 60 W, si determinino:

- le grandezze ω , k , y_m e la velocità di fase dell'onda; [$1.26 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$, 6.28 m^{-1} , 6.98 mm , 200 m/s]
- le espressioni della velocità e dell'accelerazione trasversale dell'onda;
[$v_y(x,t) = y_m \cdot \omega \cdot \sin(kx - \omega t + \pi/3)$; $a_y(x,t) = -y_m \cdot \omega^2 \cdot \cos(kx - \omega t + \pi/3)$]
- la potenza istantanea che transita nel punto $x = \lambda/4$ all'istante $t = T/4$; [90 W]

Disegnare su uno stesso grafico le grandezze $y(x,0)$, $v_y(x,0)$, $a_y(x,0)$ e $P_{\text{tot}}(x,0)$.

2. Una grande canna d'organo è accordata per emettere sull'armonica fondamentale una frequenza pari 55.0 Hz (la1). Sapendo che tra le armoniche emesse dalla canna esiste anche il la4 (440 Hz), che la temperatura dell'aria è di 20° C e la sua densità è 1.25 kg/m^3 , determinare:

- Il tipo di canna e la sua lunghezza, giustificando la risposta; [aperta/aperta, $L = \lambda_1/2 = 3.12 \text{ m}$]
- il livello sonoro percepito da un ascoltatore a 50 m dalla canna, sapendo che la potenza è emessa in un angolo solido di π steradiani ed è pari a 500 mW ; [$I = 6.37 \cdot 10^{-5} \text{ W/m}^2$, $L = 78.0 \text{ dB}$]
- L'ampiezza dell'onda di pressione e di spostamento nella posizione dell'ascoltatore, supponendo che l'onda trasporti solo la fondamentale. [$\delta p_m = 0.234 \text{ Pa}$, $s_m = 1.58 \mu\text{m}$]

3. Un reticolo di diffrazione a trasmissione è largo 3.00 cm e contiene 5000 fenditure. Sapendo che utilizzando laser a ioni di argon con lunghezza d'onda pari a 454.6 nm, su uno schermo posto alla distanza di 2.0 m si osservano 5 picchi di interferenza nel massimo centrale di diffrazione, determinare:

- la distanza tra le fenditure e stimare la loro larghezza; [$d = 6.00 \mu\text{m}$, $a \approx 2.0 \mu\text{m}$]
- la posizione sullo schermo del 1° e del 2° massimo di interferenza e la loro ampiezza angolare; [$\theta_1 = \pm 0.076 = \pm 4.35^\circ$, $\theta_2 = \pm 0.152 = \pm 8.72^\circ$, $y_1 = \pm 15.2 \text{ cm}$, $y_2 = \pm 30.7 \text{ cm}$, $\delta\theta_1 = 1.52 \cdot 10^{-5}$, $\delta\theta_2 = 1.53 \cdot 10^{-5}$]
- l'intensità, relativa al massimo centrale, dei picchi del 1° e del 2° ordine. [$I_1/I_0 = 0.68 = 68\%$, $I_2/I_0 = 0.17 = 17\%$]

4. Un sistema ottico consiste di due lenti convergenti, la prima bi-convessa e la seconda piano-convessa. I moduli dei raggi di curvatura della prima lente sono entrambi $|R_1| = 30$ cm, mentre quello della seconda lente è $|R_2| = 10$ cm. Il materiale delle lenti ha indice di rifrazione $n = 1.5$. Sapendo che un piccolo oggetto reale è posto a 10 cm dalla prima lente e che il sistema ottico formato dalle due lenti forma un'immagine reale alla distanza di 36 cm dalla seconda lente, calcolare:

- le distanze focali f_1 e f_2 di ciascuna delle due lenti; [$f_{11} = f_{21} = 30 \text{ cm}$; $f_{12} = f_{22} = 20 \text{ cm}$]
- la distanza tra le due lenti che formano il sistema ottico; [$d = 30 \text{ cm}$]
- la magnificazione trasversale di ciascuna lente e quella totale del sistema formato dalle due lenti. [$m_1 = 1.5$, $m_2 = -0.8$, $m_{\text{totale}} = -1.2$]

Costruire graficamente l'immagine utilizzando per entrambe le lenti tutti e tre i raggi di cui è immediatamente noto il percorso senza dover fare conti.

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

19 settembre 2014

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un'onda trasversale, descritta dalla funzione $y(x,t) = y_m \cos(kx - \omega t + \pi/6)$, si propaga in assenza di gravità su una corda infinita. Sapendo che la frequenza e la lunghezza d'onda sono rispettivamente $\nu = 400$ Hz e $\lambda = 50$ cm, che la corda ha la sezione di 1 mm^2 ed è di acciaio ($\rho = 7.8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$), ed infine che la potenza media trasportata dall'onda è 100 W, si determinino:
 - le grandezze ω , k , ν e y_m ; [$2.51 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$, 12.57 m^{-1} , 200 m/s , 4.5 mm]
 - le espressioni della velocità e dell'accelerazione trasversale dell'onda;
[$v_y(x,t) = y_m \cdot \omega \cdot \sin(kx - \omega t + \pi/6)$; $a_y(x,t) = -y_m \cdot \omega^2 \cdot \cos(kx - \omega t + \pi/6)$]
 - la potenza istantanea che transita nel punto $x = \lambda/4$ all'istante $t = T/2$; [150 W]Disegnare su uno stesso grafico le grandezze $y(x,0)$, $v_y(x,0)$, $a_y(x,0)$ e $P_{\text{tot}}(x,0)$.
- Una sorgente emette un'onda acustica sferica entro un angolo solido $\Sigma = \pi/2$ steradiani. A una certa distanza R dalla sorgente un osservatore rileva un livello sonoro pari a 106 dB. Avvicinandosi di 5.70 m alla sorgente l'osservatore rileva un livello sonoro pari a 111 dB.
 - Si determini la potenza della sorgente e la distanza R dall'osservatore. [10.6 W , 13.0 m]
 - Tenendo conto dell'attenuazione per assorbimento dell'aria (5 dB/km), si determini il livello sonoro percepito ad una distanza di 3 km dalla sorgente. [44 dB]
- Un fascio di luce, composto da due lunghezze d'onda monocromatiche nel visibile, incide perpendicolarmente su un reticolo a trasmissione di lato $L = 2.0$ cm e formato da $5 \cdot 10^3$ fenditure di ampiezza $a = 1 \mu\text{m}$. Sullo schermo posto alla distanza $D = 1.00$ m, le posizioni dei picchi di interferenza del primo ordine formati dalle due lunghezze d'onda sono rispettivamente: ± 12.0 cm e ± 17.0 cm. Sulla base dei dati determinare:
 - le due lunghezze d'onda presenti nel fascio di luce; [477 nm e 670 nm]
 - l'intensità relativa, rispetto al massimo centrale, delle frange di interferenza di ordine massimo formate dalle due lunghezze d'onda all'interno del picco centrale di diffrazione; [9.0%]
 - la semi-larghezza angolare delle frange di cui al punto precedente; [$2.6 \cdot 10^{-5}$ e $3.9 \cdot 10^{-5}$]
 - il potere risolutivo massimo del reticolo. [15000]
- Un sistema ottico è formato da due identiche lenti convergenti, con lo stesso asse ottico e distanza focale pari a 10 cm. Un piccolo oggetto è posto alla sinistra della prima lente, ad una distanza di 15 cm. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche, determinare:
 - la distanza dalla prima lente della seconda lente e dello schermo in modo che il sistema ottico formi su quest'ultimo un'immagine reale, nitida e con magnificazione trasversale $m = 1.0$; [60 cm e 75 cm , a destra della prima lente]
 - le due possibili posizioni in cui si deve spostare la seconda lente per continuare ad ottenere un'immagine nitida sullo schermo precedentemente posizionato, qualora si riposizioni l'oggetto ad una distanza di 20 cm dalla prima lente. [61.9 cm e 33.1 cm a destra della prima lente]
 - la magnificazione trasversale del sistema ottico nei due casi trovati al punto b) [0.31 e 3.2 rispettivamente]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

17 luglio 2014

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. Un corpo di massa $m=1$ kg si muove lungo l'asse x sottoposto ad una forza elastica $F_{el} = -k \cdot x$, con $k=2.25$ N/m, ed a una forza di smorzamento $F_{sm} = -b \cdot dx/dt$ con $b=1$ kg/s. Al tempo $t=0$ il corpo si trova nella posizione $x=100$ cm e la sua velocità è nulla.
 - a) Calcolare l'energia totale del sistema all'istante iniziale. [$E_t=1.125$ J]
 - b) Scrivere la legge del moto e la legge oraria del sistema indicando i valori delle costanti in esse presenti. [$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0$, $\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$; $x(t) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t)$; $x_m = 100$ cm, $\omega_0 = 1.5$ s⁻¹, $\gamma = 0.5$ s⁻¹, $\omega = 1.414$ s⁻¹]
 - c) Determinare la posizione della massa all'istante $t=5$ s. [$x(5s) = 5.79$ cm]
2. Un fischietto, costituito da un tubetto metallico chiuso a un estremo e aperto all'altro, ha una frequenza di emissione di 3.00 kHz a una temperatura ambiente di 32° C. La densità dell'aria in tali condizioni è pari a 1.15 kg/m³. Il livello sonoro percepito da un ascoltatore a una distanza di 500 m in corrispondenza della frequenza fondamentale di emissione del fischietto risulta essere pari a 20 dB. Determinare:
 - a) la lunghezza d'onda del modo fondamentale e la lunghezza del fischietto; [11.7 cm, 29 mm]
 - b) l'intensità e l'ampiezza dell'onda di pressione generata alla frequenza fondamentale sull'orecchio dell'ascoltatore; [10^{-10} W/m², 2.84×10^{-4} Pa]
 - c) la temperatura alla quale risulterebbe teoricamente udibile la quinta armonica da parte di un ascoltatore posto in prossimità del fischietto e in grado di percepire una frequenza massima di 14 kHz; [-7.3°C]
3. Due fenditure identiche, distanti tra di loro 0.3 mm sono illuminate da un'onda piana monocromatica. Su uno schermo posto a 3 m da esse si forma una figura di interferenza in cui il massimo di interferenza del primo ordine si trova ad una distanza di 6 mm dal centro della figura:
 - a) Determinare la lunghezza d'onda della radiazione che illumina le fenditure. [600 nm]
 - b) Sapendo che entro il massimo centrale di diffrazione risultano chiaramente visibili 23 massimi di interferenza, stimare la larghezza delle fenditure. [25 μm]
 - c) Determinare la distanza dal centro della fenditura del massimo di interferenza del primo ordine nel caso in cui tutta la regione di spazio tra le fenditure e lo schermo sia piena d'acqua ($n_{acqua} = 1.33$). [4.51 mm]
4. Un sistema ottico è formato da una lente piano-concava posto alla sinistra di una lente piano-convessa. Le lenti hanno $|R| = 20$ cm e sono fatte con un vetro con indice di rifrazione 1.50. Un piccolo oggetto viene posto alla sinistra del sistema ottico ad una distanza di 40 cm dalla lente piano-concava. Determinare posizione, magnificazione e natura delle immagini formate dal sistema ottico nei seguenti casi, accompagnando la soluzione con le relative costruzioni grafiche:
 - d) le lenti distano 60 cm l'una dall'altra; [$d_i^{(2)} = 80$ cm, $m = -0.5$, reale]
 - e) le lenti distano 10 cm l'una dall'altra. [$d_i^{(2)} = -120$ cm, $m = +2$, virtuale]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

3 luglio 2014

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Un'onda propaga su una fune infinita in assenza di gravità, tesa con una tensione $T=100$ N. Nel punto $x=0$ la sua lunghezza d'onda passa da $\lambda_1 = 1.00$ m a $\lambda_2 = 3.00$ m. Sapendo che l'onda incidente ha un'ampiezza pari a 2.00 cm e trasporta la potenza media di 40.0 W, determinare:
 - a) l'ampiezza delle onde trasmessa e riflessa; [3.00 cm, 1.00 cm]
 - b) la potenza media trasportata dalle onde trasmessa e riflessa; [30.0 W, 10.0 W]
 - c) la velocità di propagazione nei due tratti di corda; [50.7 m/s, 152 m/s]
 - d) la frequenza dell'onda; [50.7 Hz]
 - e) la densità lineare dei due tratti di corda. [39.0 g/m, 4.33 g/m]

- 2) Un sistema ottico è formato da una lente sottile, simmetrica e biconvessa ($|R_l|=20$ cm e $n=1.5$) e da uno specchio sferico posto alla sua destra e con $R_s=20$ cm. Un piccolo oggetto luminoso, posto tra i due elementi ottici, forma, con i raggi diretti verso lo specchio, un'immagine reale su uno schermo posto alla distanza di 60 cm, alla sinistra della lente. Sapendo che la magnificazione trasversale del sistema ottico considerato è $m = 2$, determinare:
 - a) la distanza tra la lente e lo specchio; [50 cm]
 - b) la posizione dell'oggetto rispetto alla lente; [30 cm a destra della lente]
 - c) la posizione, la natura e l'ingrandimento trasversale dell'immagine formata dai raggi diretti dall'oggetto direttamente alla lente; [60 cm a sinistra della lente, reale e capovolta, $m = -2$]Costruire graficamente le 2 immagini dell'oggetto formate dal sistema ottico in esame.

- 3) Un'auto procede in autostrada a velocità costante mentre incrocia un'auto della polizia che viaggia sull'altra corsia con la sirena accesa e alla velocità di 126 km/h. Sapendo che la temperatura esterna è di 30 °C e che le frequenze sonore percepite in avvicinamento e in allontanamento dall'automobilista sono rispettivamente pari a 620 Hz e 406 Hz, determinare:
 - a) la velocità, in km/h, dell'auto; [139 km/h]
 - b) la frequenza emessa dalla sirena della polizia. [502 Hz]

- 4) Uno schermo simmetrico viene posto alla distanza $D = 1.00$ m da una doppia fenditura con ampiezza delle fenditure $a = 3.00$ μm e distanza $d = 15.00$ μm . Relativamente ad entrambe le lunghezze d'onda $\lambda_1 = 450$ nm e $\lambda_2 = 650$ nm determinare:
 - a) la posizione sullo schermo del 1° e del 6° massimo di interferenza; [± 30.0 mm, ± 43.4 mm; ± 183 mm, ± 269 mm]
 - b) l'intensità relativa, rispetto al massimo centrale, del 3°, del 5° e del 7° massimo di interferenza; [$I_3 = 25.5\%$, $I_5 = 0$, $I_7 = 4.7\%$]
 - c) l'intensità relativa, rispetto al massimo centrale, che si ha in $y = \pm 30.0$ mm quando si utilizzano le due diverse lunghezze d'onda. [$I_{\lambda_1} = 87.5\%$, $I_{\lambda_2} = 30.2\%$]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

23 giugno 2014

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa di 1.00 kg è collegata a una molla con costante elastica $k=9.86$ N/m. Sapendo che: i) al tempo $t=0$ lo spostamento della massa dalla posizione di equilibrio è pari a +16.0 cm, ii) l'energia totale iniziale è pari a 1.23 J, iii) al tempo $t=0$ la massa si sta allontanando dalla posizione di equilibrio iv) l'ampiezza delle oscillazioni diminuisce dell' 1.00% a ogni ciclo completo di oscillazione, determinare:
 - l'ampiezza e la frequenza delle oscillazioni; [0.500 m, 0.500 Hz]
 - l'energia meccanica dissipata nel corso dei primi 20.0 s di oscillazione; [0.22 J]
 - il tempo al quale l'energia cinetica si annulla per la prima volta. [0.40 s]
- Una sirena emette un'onda acustica con una potenza di 1.00W e una frequenza di 220 Hz entro un angolo solido di 2π steradiani. La temperatura dell'aria è di 15°C e la densità dell'aria è pari a 1.23 kg/m³. Sapendo che un ascoltatore fermo percepisce un livello sonoro di 40.0 dB, determinare:
 - la distanza dalla sorgente alla quale si trova l'ascoltatore, trascurando l'attenuazione per assorbimento da parte dell'aria; [3.99 km]
 - l'ampiezza dell'onda di pressione nella posizione in cui si trova l'ascoltatore; [$2.9 \cdot 10^{-3}$ Pa].
 - l'intensità percepita dall'ascoltatore alla distanza dalla sorgente calcolata in a) in presenza di un assorbimento per attenuazione pari a 3 db/km. [$6.3 \cdot 10^{-10}$ W/m²]
 - la frequenza percepita dall'ascoltatore nel caso in cui si spostasse verso la sorgente con una velocità di 108 km/h. [239 Hz]
- Una lamina trasparente piana di spessore 0.70 μm , immersa in aria ($n_a=1.0003$), è formata da acqua saponata ($n_s=1.34$). Sulla lamina incide luce bianca in direzione ortogonale alla superficie. Determinare:
 - le lunghezze d'onda nel visibile che risultano più evidenti nella luce riflessa dalla lamina; [341 nm, 417 nm, 536 nm, 750 nm]
 - le lunghezze d'onda nel visibile che risultano più evidenti nella luce trasmessa dalla lamina. [375 nm, 469 nm, 625 nm, 938 nm]
- Una lente piano-convessa L_1 è posta alla sinistra di una lente piano-concava L_2 , a una distanza di 100 cm da essa. Per entrambe le lenti $n = 1.6$ e $|R| = 60$ cm. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni geometriche, determinare:
 - le lunghezze focali delle due lenti; [$f^{(1)} = 100$ cm, $f^{(2)} = -100$ cm]
 - la posizione, la magnificazione e la natura dell'immagine di un piccolo oggetto posto alla sinistra della lente L_1 , a una distanza di 50 cm da essa; [-66.7 cm da L_2 , $m = 2/3$, virtuale]
 - la posizione, la magnificazione e la natura dell'immagine di un piccolo oggetto posto alla destra della lente L_2 , a una distanza di 50 cm da essa. [400 cm da L_1 , $m = -2$, reale]

Preappello di Onde e Oscillazioni

11 giugno 2014

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una canna d'organo, lunga meno di 2 metri, opera alla temperatura ambiente di 20 °C ed è accordata per emettere sull'armonica fondamentale una frequenza pari 49 Hz (Sol_1). Sapendo che in quelle condizioni ambientali la densità dell'aria è $\rho_0 = 1.22 \text{ kg/m}^3$, determinare:
 - la lunghezza della canna giustificando la risposta; [canna aperta-chiusa, $L = \lambda_1/4 = 1.75 \text{ m}$]
 - le frequenze delle prime 3 armoniche emesse dalla canna e le loro lunghezze d'onda in aria; [$\nu_1=49\text{Hz}$, $\nu_3=147\text{Hz}$, $\nu_5=245\text{Hz}$, $\lambda_1=7.0\text{m}$, $\lambda_3=2.33\text{m}$, $\lambda_5=1.40\text{m}$]
 - il livello sonoro percepito da un ascoltatore a 50 m, sapendo che la potenza, emessa in un angolo solido di 2π steradiani, è pari a 0.50 W e può essere associata alla sola armonica fondamentale; [75.0 dB]
 - l'ampiezza delle onde di pressione e di spostamento alla distanza dell'ascoltatore. [$\delta p_m=0.163 \text{ Pa}$, $s_m=1.27 \mu\text{m}$]
- Un sistema ottico è formato da due lenti, L_1 e L_2 . L_1 è convergente, ha $f^{(1)}=20 \text{ cm}$ e $R_1=8 \text{ cm}$. L_2 è divergente, ha $f^{(2)}=-10 \text{ cm}$ e $R_2=20 \text{ cm}$. L'indice di rifrazione delle lenti è $n=1.5$. Un piccolo oggetto viene posto alla sinistra di L_1 , alla distanza di 30 cm, mentre L_2 viene posta alla destra di L_1 , alla distanza d . Determinare:
 - i raggi di curvatura R_2 delle due lenti; [$R_2^{(1)}=40 \text{ cm}$, $R_2^{(2)}=4 \text{ cm}$]
 - la distanza d a cui deve essere posta L_2 perché il sistema ottico formi un'immagine reale e con magnificazione trasversale $m = -4$; [$d=55 \text{ cm}$]
 - costruire graficamente l'immagine formata dalle due lenti, utilizzando possibilmente le proprietà di entrambi i fuochi;
 - disegnare schematicamente le due lenti. [menisco convessa e menisco concava]
- Un piccolo oggetto luminoso è posto a 10 cm da una grossa lente spessa, convergente e simmetrica (doppio diottrio) con spessore $d = 10 \text{ cm}$, indice di rifrazione $n=1.5$ e superfici sferiche con $|R| = 10 \text{ cm}$. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche, determinare:
 - la posizione dei fuochi della prima e della seconda superficie diottrica; [$f_1^{(1)}=f_2^{(2)}=0.2\text{m}$, $f_2^{(1)}=f_1^{(2)}=0.3\text{m}$]
 - la posizione e l'ingrandimento trasversale dell'immagine formata dalla lente spessa; [$d_{i1}=-30 \text{ cm}$, $d_{o2}=40 \text{ cm}$, $d_{i2}=80 \text{ cm}$, con $m_1=2$, $m_2=-3$, $m_t = -6$]
 - se è possibile proiettare su uno schermo l'immagine formata dal sistema ottico e giustificare la risposta. [sì, immagine reale a 80 cm da L_2]
 - Confrontare il risultato con quello che si ottiene con gli stessi parametri e una lente sottile. [$d_i = \infty$]
- Un fascio di luce monocromatico nel visibile incide perpendicolarmente su un reticolo a trasmissione di lato $L = 2.5 \text{ cm}$ e formato da 5000 fenditure di ampiezza $a = 1 \mu\text{m}$. Sullo schermo centrato, largo 82 cm e posto alla distanza $D = 1.00 \text{ m}$, si osserva il primo picco di interferenza a $\pm 12.0 \text{ cm}$ dal picco centrale. Sulla base dei dati determinare:
 - la lunghezza d'onda del fascio di luce; [$\lambda=596 \text{ nm}$]
 - l'intensità relativa rispetto a quella del massimo centrale della frangia di interferenza di ordine massimo visibile sullo schermo; [3° frangia, $I/I_0 = 25.5 \%$]
 - la larghezza angolare della frangia di cui al punto precedente ed il potere risolutivo del sistema, reticolo più schermo, nell'intorno della lunghezza d'onda utilizzata; [$\delta\theta = 2.6 \cdot 10^{-5}$, $R=1.5 \cdot 10^4$]
 - il potere risolutivo massimo del sistema per $\lambda = 400 \text{ nm}$. [4° frangia, $R=2.0 \cdot 10^4$]

2^a prova scritta in itinere di **Onde e Oscillazioni** 11 giugno 2014

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. Un sistema ottico è formato da due lenti, L_1 e L_2 . L_1 è convergente, ha $f^{(1)}=20$ cm e $R_1=8$ cm. L_2 è divergente, ha $f^{(2)}=-10$ cm e $R_2=20$ cm. L'indice di rifrazione delle lenti è $n=1.5$. Un piccolo oggetto viene posto alla sinistra di L_1 , alla distanza di 30 cm, mentre L_2 viene posta alla destra di L_1 , alla distanza d . Determinare:
 - a) i raggi di curvatura R_2 delle due lenti; [$R_2^{(1)}=40$ cm, $R_2^{(2)}=4$ cm]
 - b) la distanza d a cui deve essere posta L_2 perché il sistema ottico formi un'immagine reale e con magnificazione trasversale $m=-4$; [$d=55$ cm]
 - c) costruire graficamente l'immagine formata dalle due lenti, utilizzando possibilmente le proprietà di entrambi i fuochi;
 - d) disegnare schematicamente le due lenti. [menisco convessa e menisco concava]
2. Un piccolo oggetto luminoso è posto a 10 cm da una grossa lente spessa, convergente e simmetrica (doppio diottrio) con spessore $d=10$ cm, indice di rifrazione $n=1.5$ e superfici sferiche con $|R|=10$ cm. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche, determinare:
 - a) la posizione dei fuochi della prima e della seconda superficie diottrica; [$f_1^{(1)}=f_2^{(2)}=0.2$ m, $f_2^{(1)}=f_1^{(2)}=0.3$ m]
 - b) la posizione e l'ingrandimento trasversale dell'immagine formata dalla lente spessa; [$d_{i1}=-30$ cm, $d_{o2}=40$ cm, $d_{i2}=80$ cm, con $m_1=2$, $m_2=-3$, $m_t=-6$]
 - c) se è possibile proiettare su uno schermo l'immagine formata dal sistema ottico e giustificare la risposta. [sì, immagine reale a 80 cm da L_2]
 - d) Confrontare il risultato con quello che si ottiene con gli stessi parametri e una lente sottile [$d_i=\infty$]
3. Un fascio di luce monocromatico nel visibile incide perpendicolarmente su un reticolo a trasmissione di lato $L=2.5$ cm e formato da 5000 fenditure di ampiezza $a=1\mu\text{m}$. Sullo schermo centrato, largo 82 cm e posto alla distanza $D=1.00$ m, si osserva il primo picco di interferenza a ± 12.0 cm dal picco centrale. Sulla base dei dati determinare:
 - a) la lunghezza d'onda del fascio di luce; [$\lambda=596$ nm]
 - b) l'intensità relativa rispetto a quella del massimo centrale della frangia di interferenza di ordine massimo visibile sullo schermo; [3° frangia, $I/I_0=25.5\%$]
 - c) la larghezza angolare della frangia di cui al punto precedente ed il potere risolutivo del sistema, reticolo più schermo, nell'intorno della lunghezza d'onda utilizzata; [$\delta\theta=2.6\cdot 10^{-5}$, $R=1.5\cdot 10^4$]
 - d) il potere risolutivo massimo del sistema per $\lambda=400$ nm. [4° frangia, $R=2.0\cdot 10^4$]
4. Uno sottile strato antiriflesso di MgF_2 ($n=1.38$) viene depositato su una lastra di vetro crown ($n=1.52$). Lo spessore dello strato viene determinato in modo da avere interferenza distruttiva per incidenza normale al centro del visibile, con $\lambda=550$ nm. In queste condizioni determinare:
 - a) lo spessore minimo dello strato affinché la luce riflessa dalla sua superficie a contatto con l'aria interferisca distruttivamente con quella riflessa all'interfaccia strato-vetro; [99.7 nm]
 - b) l'intensità dell'onda riflessa complessivamente dallo strato antiriflesso, normalizzata a quella dell'onda incidente; [1.27%]
 - c) il rapporto tra l'intensità dell'onda riflessa con e senza strato antiriflesso. [0.298]

1^a prova scritta in itinere di **Onde e Oscillazioni**

16 aprile 2014

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa $M = 5.00 \text{ kg}$ è appesa al soffitto tramite due molle affiancate aventi la stessa costante elastica, $k = 500 \text{ N/m}$. Inizialmente la massa viene trattenuta 5 cm sotto alla sua posizione di equilibrio e al tempo $t = 0$ viene lasciata libera di oscillare. Si osserva che dopo 10 s l'energia meccanica del sistema è diminuita del 10% .
 - Scrivere l'equazione del moto, specificando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono; $[\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0; \omega_0 = 14.14 \text{ s}^{-1}; \gamma = 5.27 \cdot 10^{-3}]$
 - scrivere la legge oraria del moto, specificando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono; $[x(t) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t \pm \pi); \omega = \omega_0; x_m = 5 \cdot 10^{-2} \text{ m}]$
 - determinare quanto tempo occorre affinché la velocità massima risulti dimezzata. $[t = 132 \text{ s}]$
- La zanzara tigre produce un ronzio costante dovuto al fatto che batte le ali 300 volte al secondo e per brevissime distanze è in grado di raggiungere una velocità massima $v_0 = 3 \text{ m/s}$. Il suo ronzio, anche in condizioni di silenzio assoluto, non è udibile a una distanza superiore a 3 m . Supponendo che la temperatura dell'aria sia $T = 32^\circ\text{C}$ e la sua densità $\rho = 1.25 \text{ kg/m}^3$, e assumendo che tutte le grandezze rilevanti del problema siano note con quattro cifre significative, determinare:
 - la frequenza dell'onda che giunge all'orecchio nel caso in cui la zanzara si stia avvicinando con velocità v_0 ; $[v = 302.6 \text{ Hz}]$
 - la frequenza dell'onda che giunge all'orecchio nel caso in cui la zanzara si stia avvicinando con velocità v_0 e il ricevitore si stia allontanando alla velocità di 2 km/h ; $[v' = 302.1 \text{ Hz}]$
 - la potenza media dell'onda sonora emessa dalla zanzara; $[\langle P \rangle = 1.13 \cdot 10^{-10} \text{ W}]$
 - il livello sonoro percepito dall'orecchio se la zanzara si trova a 10 cm di distanza da esso; $[L = 29.5 \text{ dB}]$
 - l'ampiezza dell'onda di pressione a 10 cm dalla zanzara. $[\delta p = 8.9 \cdot 10^{-4} \text{ Pa}]$
- Due fili metallici di acciaio ($\rho = 7.50 \text{ g/cm}^3$) di diametro 0.500 mm sono sottoposti a una tensione di 100 N . I fili sono entrambi fissati agli estremi e hanno rispettivamente lunghezze $L_1 = 100 \text{ cm}$ e $L_2 = 101 \text{ cm}$. Sulla base dei dati determinare:
 - Le frequenze e le lunghezze d'onda del modo fondamentale di oscillazione di ciascun filo; $[130.3 \text{ Hz}; 129.0 \text{ Hz}; 2.00 \text{ m}; 2.02 \text{ m}]$
 - Il periodo della nota di battimento acustico che si avverte facendo vibrare contemporaneamente i due fili nel modo fondamentale; $[0.78 \text{ s}]$
 - di quanto bisogna modificare la tensione del filo più lungo affinché le sue frequenze di vibrazione coincidano con quelle del filo più corto; $[+ 2.0 \text{ N}]$
 - la lunghezza d'onda e la frequenza dell'onda acustica in aria generata dalle vibrazioni del filo più corto nel modo fondamentale (si assuma una temperatura dell'aria di 25°C). $[2.66 \text{ m}; 130.3 \text{ Hz}]$
- Due spezzoni di corda semi-infiniti sono collegati tra loro e sottoposti a una tensione di 200 N . Le corde sono costituite dallo stesso materiale e hanno una sezione circolare, ma la seconda ha un diametro inferiore rispetto alla prima. Sulla prima corda propaga in direzione del punto di congiunzione un'onda armonica progressiva $y_i(z,t) = A_i \cos(k_1 z - \omega t)$ con frequenza di 400 Hz , lunghezza d'onda pari a 40.0 cm e ampiezza di 1.00 cm . Sapendo che la potenza dell'onda riflessa è uguale a quella dell'onda trasmessa, determinare:
 - il rapporto tra il diametro della prima e della seconda corda; $[5.83]$
 - le funzioni d'onda delle onde riflessa e trasmessa, indicando per ciascuna il valore dell'ampiezza, della lunghezza d'onda e della velocità; $[y_r = A_r \cos(k_2 z - \omega t); y_t = A_r \cos(k_1 z + \omega t); A_r = 1.70 \text{ cm}, \lambda_r = 2.33 \text{ m}, v_r = 932 \text{ m/s}, A_t = 0.70 \text{ cm}, \lambda_t = 0.40 \text{ m}, v_t = 160 \text{ m/s}]$
 - la potenza media trasportata dalle onde incidente, trasmessa e riflessa. $[P_i = 395 \text{ W}, P_t = P_r = 197.5 \text{ W}]$

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

13 febbraio 2014

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un reticolo di diffrazione è largo 25 mm e presenta 5000 righe. Determinare:
 - la posizione angolare dei massimi del primo ordine per le lunghezze d'onda $\lambda_1 = 450$ nm e $\lambda_2 = 600$ nm; [$\theta_{11}=9.0 \cdot 10^{-2}$ rad, $\theta_{12}=12.0 \cdot 10^{-2}$ rad]
 - la larghezza angolare dei due massimi; [$\delta\theta_{11}=1.8 \cdot 10^{-5}$ rad, $\delta\theta_{12}=2.4 \cdot 10^{-5}$ rad,
 - la posizione degli stessi due massimi nel piano focale di una lente di lunghezza focale $f=50$ cm, posta a contatto della superficie del reticolo; [$y_{11}=45.0$ mm, $y_{12}=60.0$ mm]
 - la più piccola differenza di lunghezze d'onda che il reticolo è in grado di risolvere al primo e al secondo ordine rispetto a $\lambda_2 = 600$ nm. [$\Delta\lambda_{2,1}=0.12$ nm, $\Delta\lambda_{2,2}=0.06$ nm]
- Un sistema ottico consiste di due lenti convergenti, la prima bi-convessa e la seconda piano-convessa. I moduli dei raggi di curvatura della prima lente sono entrambi $|R_1| = 20$ cm, mentre quello della seconda lente è $|R_2| = 10$ cm. Il materiale delle lenti ha indice di rifrazione $n = 1.5$. Sapendo che un piccolo oggetto reale è posto a 10 cm dalla prima lente e che il sistema ottico formato dalle due lenti forma un'immagine reale alla distanza di 30 cm dalla seconda lente, calcolare:
 - le distanze focali f_1 e f_2 di ciascuna delle due lenti; [$f_{11}=f_{21}=20$ cm; $f_{12}=f_{22}=20$ cm]
 - la distanza tra le due lenti che formano il sistema ottico; [$d=40$ cm]
 - la magnificazione trasversale del sistema di lenti. [$m_1 = 2$, $m_2 = -0.5$, $m_{totale} = -1$]Costruire graficamente l'immagine utilizzando per entrambe le lenti tutti e tre i raggi di cui è immediatamente noto il percorso senza dover fare conti.
- Una massa $M = 1.000$ kg è sospesa ad una molla di costante elastica $k = 100.0$ N/m ed oscilla verticalmente lungo l'asse y con un moto la cui ampiezza diminuisce del 20.0% in 10.0 s. Sapendo che all'istante iniziale la massa si muove verso il basso, che la sua energia cinetica $K(0)$ è massima ed è pari a 2.00 J, si determini:
 - l'equazione differenziale che regge il moto; [$M\ddot{y} + b\dot{y} + ky = 0$ ovvero $\ddot{y} + 2\gamma\dot{y} + \omega_0^2 y = 0$,
 $\gamma = b/2M$, $\omega_0^2 = k/M$]
 - la legge oraria, $y = y(t)$, che descrive il movimento della massa, calcolando il valore di tutte le grandezze che vi compaiono ed indicando le rispettive unità di misura; [con y verso l'alto:
 $y(t) = -y_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t) = y_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t \pm \pi)$, $\omega = \omega_0 = 10$ s⁻¹, $\gamma = 2.2 \cdot 10^{-2}$ s⁻¹, $y_m = 20$ cm]
 - la posizione e la velocità della massa all'istante $t = 5.00$ s, indicando e giustificando le cifre significative del risultato; [$y(5s) = 4.7$ cm, $y'(5s) = -1.73$ m/s]
 - la posizione y_0 di riposo dell'estremo della molla, nello stesso sistema di riferimento utilizzato precedentemente, qualora si sconnetta la massa sospesa. [$y_0 = 9.8$ cm]
- Una canna d'organo, che opera alla temperatura ambiente di 20 °C, è accordata per emettere sull'armonica fondamentale una frequenza pari 98 Hz (Sol2). Sapendo che tra le armoniche emesse dalla canna esiste anche il Sol4 (392 Hz) e che la densità dell'aria è $\rho_0 = 1.22$ kg/m³, determinare:
 - la lunghezza della canna giustificando la risposta; [aperta/aperta, $v = 343$ m/s, $\lambda = 3.50$ m, $L = 1.75$ m]
 - il livello sonoro percepito da un ascoltatore a 25 m, sapendo che la potenza è emessa in un angolo solido di 2π steradiani ed è pari a 0.50 W; [81 dB]
 - l'ampiezza dell'onda di pressione alla distanza dell'ascoltatore. [$\delta p_m = 0.33$ Pa]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

22 gennaio 2014

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa di 1.00 kg è collegata a una molla con costante elastica $k=9.86$ N/m. Sapendo che: i) al tempo $t=0$ lo spostamento della massa dalla posizione di equilibrio è pari a +16.0 cm, ii) l'energia totale iniziale è pari a 1.23 J, iii) al tempo $t=0$ la massa si sta allontanando dalla posizione di equilibrio iv) l'ampiezza delle oscillazioni diminuisce dell' 1.00% ad ogni ciclo completo di oscillazione, determinare:
 - l'ampiezza e la frequenza delle oscillazioni; [0.500 m, 0.500 Hz]
 - l'energia meccanica dissipata nel corso dei primi 20.0 s di oscillazione; [0.118 J]
 - il tempo al quale l'energia cinetica si annulla per la prima volta. [1.60 s]
- Una sirena emette un'onda acustica con una potenza di 1.00W e una frequenza di 220 Hz entro un angolo solido di 2π steradiani. La temperatura dell'aria è di 15°C e la densità dell'aria è pari a 1.23 kg/m³. Sapendo che un ascoltatore fermo percepisce un livello sonoro di 40.0 dB, determinare:
 - la distanza dalla sorgente alla quale si trova l'ascoltatore, trascurando l'attenuazione per assorbimento da parte dell'aria; [3.99 km]
 - l'ampiezza dell'onda di pressione nella posizione in cui si trova l'ascoltatore; [2.9×10^{-3} Pa].
 - l'intensità percepita dall'ascoltatore alla distanza dalla sorgente calcolata in a) in presenza di un assorbimento per attenuazione pari a 3 db/km. [6.36×10^{-10} W/m²]
 - la frequenza percepita dall'ascoltatore nel caso in cui si spostasse verso la sorgente con una velocità di 108 km/h. [239 Hz]
- Una lamina trasparente piana di spessore 0.70 μm , immersa in aria ($n_a=1.0003$), è formata da acqua saponata ($n_s=1.34$). Sulla lamina incide luce bianca in direzione ortogonale alla superficie. Determinare:
 - le lunghezze d'onda nel visibile che risultano più evidenti nella luce riflessa dalla lamina; [417 nm, 536 nm, 750 nm]
 - le lunghezze d'onda nel visibile che risultano più evidenti nella luce trasmessa dalla lamina. [469 nm, 625 nm]
- Una lente piano-concava L_1 è posta alla sinistra di una lente piano-convessa L_2 , a una distanza di 100 cm da essa. Per entrambe le lenti $n=1.6$ e $|R|=60$ cm. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni geometriche, determinare:
 - le lunghezze focali delle due lenti; [$f_1=100$ cm, $f_2=-100$ cm]
 - la posizione, la magnificazione e la natura dell'immagine di un piccolo oggetto posto alla sinistra della lente L_1 , a una distanza di 50 cm da essa; [-66.7 cm da L_2 , $m=2/3$, virtuale]
 - la posizione, la magnificazione e la natura dell'immagine di un piccolo oggetto posto alla destra della lente L_2 , a una distanza di 50 cm da essa. [400 cm da L_1 , $m=-3$, reale]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

23 settembre 2013

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa oscillante di 50.0 g è collegata ad una molla con costante elastica $k = 5.00$ N/m. Sapendo che all'istante $t = 0$: i) la massa si sta spostando da x negativa verso la posizione di equilibrio, ii) l'energia totale è pari a 2.50 J, iii) l'energia potenziale è pari a 0.90 J, e iv) l'energia del sistema diminuisce del 10% ogni 5 cicli completi di oscillazione, determinare:
 - la posizione della massa all'istante iniziale; [$x(0) = -0.6$ m]
 - la legge oraria del moto, indicando il valore di tutte le grandezze che in essa compaiono;
[$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t + \varphi_{\sin}) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \varphi_{\cos})$, $x_m = 1.00$ m, $\gamma = 1.68 \times 10^{-2}$ s⁻¹, $\omega = \omega_0 = 10.0$ s⁻¹, $\varphi_{\sin} = -0.644 \pm 2\pi = -36.9^\circ \pm 360^\circ$, $\varphi_{\cos} = -2.21 \pm 2\pi = -127^\circ \pm 360^\circ$]
 - la posizione della massa all'istante $t = 1.00$ s; [0.067 m]
 - l'energia totale del sistema e l'ampiezza dell'oscillazione all'istante $t = 20.0$ s. [1.28 J, 0.715 m]
- Una canna d'organo è accordata per emettere sull'armonica fondamentale una frequenza pari 110 Hz (la2). Sapendo che tra le armoniche emesse dalla canna non può esistere il la4 (440 Hz), che la temperatura dell'aria è di 20° C e la sua densità è 1.25 kg/m³, determinare:
 - Il tipo di canna e la sua lunghezza, giustificando la risposta; [aperta/chiusa, $L = \lambda_1/4 = 0.78$ m]
 - il livello sonoro percepito da un ascoltatore a 40 m dalla canna, sapendo che la potenza è emessa in un angolo solido di π steradiani ed è pari a 200 mW; [$I = 4.0 \cdot 10^{-5}$ W/m², $L = 76.0$ dB]
 - L'ampiezza dell'onda di pressione e di spostamento nella posizione dell'ascoltatore, supponendo che l'onda trasporti solo la fondamentale. [$\delta p_m = 0.185$ Pa, $s_m = 0.62$ μ m]
- Una superficie sferica separa localmente due regioni di spazio con indice di rifrazione rispettivamente $n_1 = 1$ e $n_2 = 1.5$. Un piccolo oggetto luminoso è posto a sinistra della superficie diottrica, nella regione n_1 , ed alla distanza di 5 cm dalla stessa. Sapendo che il diottrico forma un'immagine virtuale a una distanza dal suo vertice pari a 15 cm in valore assoluto, sulla base dei dati e dopo aver specificato le convenzioni di segno determinare:
 - il raggio di curvatura della superficie sferica del diottrico; [$R = 5$ cm];
 - la posizione dei due fuochi del diottrico; [$f_1 = 10$ cm, $f_2 = 15$ cm];
 - il tipo di immagine prodotta e la magnificazione trasversale. [virtuale e retta, $m_t = 2$].Costruire infine l'immagine graficamente, verificando la consistenza tra le posizioni di oggetto, immagine e fuochi.
- Una doppia fenditura, formata da due fenditure di uguale larghezza e posta a 2.00 m da uno schermo, viene illuminata da luce monocromatica di lunghezza d'onda pari a 532 nm. Sullo schermo risultano chiaramente distinguibili 19 massimi di interferenza adiacenti, posti alla distanza di 1.00 cm l'uno dall'altro. Sulla base dei dati determinare:
 - la distanza tra le fenditure e la loro larghezza approssimativa; [$d = 106$ μ m, $a \approx 10$ μ m]
 - La forma analitica della distribuzione di intensità sullo schermo definendo le grandezze che vi compaiono; [$I(\theta) = I_0 (\cos \beta)^2 \left(\frac{\sin \alpha}{\alpha} \right)^2$; $I_0 = 4I_1$; $\beta = \frac{\pi d}{\lambda} \sin \theta$; $\alpha = \frac{\pi a}{\lambda} \sin \theta$]
 - la posizione, rispetto al centro dello schermo, dei massimi di interferenza e dei minimi di diffrazione, entrambi del primo ordine, sul piano focale di una lente convergente collocata a ridosso della doppia fenditura e avente focale = 40 cm. [$y_{1,\text{int}} = \pm 2$ mm, $y_{1,\text{diff}} = \pm 20$ mm]Dire se la lente cambia a meno la posizione angolare dei massimi e dei minimi, di diffrazione e interferenza, giustificando la risposta. [le posizioni angolari non cambiano]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

19 luglio 2013

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Due masse di 10 kg sono attaccate alle estremità di una molla con costante elastica di 20 N/m in assenza di gravità. Le masse vengono spostate fino ad allungare la molla di 20 cm e all'istante $t=0$ vengono lasciate andare contemporaneamente. Nel corso di ogni periodo di oscillazione l'ampiezza di oscillazione di ognuna delle masse rispetto alla sua posizione di equilibrio si riduce dello 0.1%. Determinare:
 - l'equazione del moto di una delle masse rispetto alla sua posizione di equilibrio, indicando i valori numerici dei parametri che in essa compaiono; [$\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 = 0$ con: $\omega_0 = 2.0 \text{ s}^{-1}$; $\gamma = 3.18 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$; ovvero $m\ddot{x} + b\dot{x} + k_{eq}x = 0$ con: $m = 10 \text{ kg}$; $b = 6.37 \times 10^{-3} \text{ kg/s}$; $k_{eq} = 40 \text{ N/m}$]
 - la legge oraria del moto, indicando i valori numerici dei parametri che in essa compaiono; [$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t)$ con: $x_m = 10 \text{ cm}$, $\omega = \omega_0$]
 - l'energia totale del sistema formato dalle due masse e dalla molla dopo 10 periodi completi di oscillazione. [$E_t(0) = 0.4 \text{ J}$; $E_t(10 T) = 0.392 \text{ J}$]
- Due fenditure aventi la stessa larghezza vengono illuminate da un'onda piana monocromatica di lunghezza d'onda 632.8 nm. Su uno schermo distante da queste 5 m risultano visibili nel massimo di diffrazione centrale 17 massimi di interferenza distanziati di 3 cm l'uno dall'altro.
 - Stimare la larghezza delle fenditure. [$a = 11.7 \mu\text{m}$]
 - Determinare la distanza tra le fenditure. [$d = 105 \mu\text{m}$]
 - Stimare il rapporto tra l'intensità del quinto massimo di interferenza e l'intensità massima misurabile sullo schermo. [$I_5/I_0 = 0.32$]
 - Determinare la larghezza del massimo centrale di interferenza e di quello di diffrazione (entrambi da minimo a minimo) qualora venga collocata a ridosso della fenditura una lente convergente con una lunghezza focale di 40 cm. [$\Delta y_{\text{int}} = 2.4 \text{ mm}$; $\Delta y_{\text{diff}} : 4.3 \text{ cm}$]
- Un'auto si muove lungo un rettilineo alla velocità di 90 km/h e viene superata da un'ambulanza con la sirena accesa. Durante l'avvicinamento gli occupanti dell'auto percepiscono la sirena ad una frequenza di 578 Hz e durante l'allontanamento a 528 Hz. La temperatura dell'aria è 0 °C. Determinare:
 - la velocità dell'ambulanza; [$v_{\text{amb}} = 39.8 \text{ m/s} = 143 \text{ km/h}$]
 - la frequenza emessa dalla sirena dell'ambulanza. [$v_{\text{sirena}} = 550 \text{ Hz}$]
- Un piccolo oggetto è posto alla sinistra di una lente piano-convessa con raggio di curvatura $R_1=10 \text{ cm}$, costituita da vetro con indice di rifrazione $n_v = 1.50$. Alla destra della lente, a una distanza di 50 cm da essa, è posto uno specchio piano perpendicolare all'asse ottico. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche, determinare la posizione, la natura e l'ingrandimento dell'immagine finale formata dal sistema ottico quando:
 - l'oggetto si trovi a una distanza di 40 cm dalla lente; [$d_i = 30 \text{ cm}$ a sinistra della lente; immagine reale, $m_t = (-1) \times 1 \times (-0.5) = 0.5$]
 - l'oggetto si trovi a una distanza di 30 cm dalla lente; [$d_i = 40 \text{ cm}$ a sinistra della lente; immagine reale, $m_t = (-2) \times 1 \times (-1) = 2$]

Nota: i raggi dall'immagine formata dallo specchio riattraversano la lente.

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni** 1 luglio 2013

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Un reticolo di diffrazione a trasmissione è largo 2.40 cm e contiene 3000 fenditure. Sapendo che utilizzando una lunghezza d'onda pari a 633.0 nm, su uno schermo posto alla distanza di 1.0 m si osservano 9 picchi di interferenza nel massimo centrale di diffrazione, determinare:
 - a) la distanza tra le fenditure e stimare la loro larghezza; [$d = 8 \mu\text{m}$, $a = 1.6 \mu\text{m}$]
 - b) la posizione sullo schermo dei massimi di interferenza del 2° ordine e la loro ampiezza angolare; [$y_{\pm 2} = \pm 0.16 \text{ m}$, $\delta\theta_2 = 2.7 \times 10^{-5} \text{ rad}$]
 - c) l'intensità, relativa al massimo centrale, dei picchi del 4° ordine; [$I_4/I_0 = 5.5\%$]
 - d) le lunghezze d'onda più prossime a 633.0 nm risolubili con il reticolo al primo ordine. [632.8 nm e 633.2 nm]
- 2) Una grande canna d'organo è accordata per emettere sull'armonica fondamentale una frequenza pari 55 Hz (1a1). Sapendo che tra le armoniche emesse dalla canna esiste anche il 1a3 a 220 Hz, che la temperatura dell'aria è di 18° C e la sua densità 1.21 kg/m³, determinare:
 - a) la lunghezza della canna giustificando la risposta; [$L = 3.11 \text{ m}$]
 - b) la frequenza e la lunghezza d'onda delle prime 3 armoniche emesse dalla canna [$\nu_1 = 55 \text{ Hz}$, $\nu_2 = 110 \text{ Hz}$, $\nu_3 = 165 \text{ Hz}$; $\lambda_1 = 6.22 \text{ m}$, $\lambda_2 = 3.11 \text{ m}$, $\lambda_3 = 2.07 \text{ m}$]
 - c) il livello sonoro percepito da un ascoltatore a 30 m, sapendo che la potenza media è pari a 500 mW ed è emessa in un angolo solido di 2π steradiani; [$L = 79.5 \text{ dB}$]
 - d) l'ampiezza delle onde di pressione e di spostamento alla distanza dell'ascoltatore, supponendo che tutta la potenza sia emessa sulla prima armonica. [$\delta p_m = 0.27 \text{ Pa}$, $s_m = 1.9 \mu\text{m}$]
- 3) Una massa $M = 10.00 \text{ kg}$ è sospesa ad una molla di costante elastica $k = 1000 \text{ N/m}$ ed oscilla verticalmente lungo l'asse y con un moto la cui ampiezza diminuisce del 10.0% in 10.0 s. Sapendo che all'istante iniziale la massa si muove verso l'alto, con energia cinetica $K(0) = 20.0 \text{ J}$ pari alla metà dell'energia totale, determinare:
 - a) l'equazione differenziale che regge il moto, calcolando i valori di tutte le grandezze che vi compaiono; [$\ddot{y} + 2\gamma \dot{y} + \omega_0^2 y = 0$; $M \ddot{y} + b \dot{y} + k y = 0$; $\gamma = 1.05 \times 10^{-2} \text{ s}^{-1}$; $\omega_0 = 10 \text{ s}^{-1}$; $b = 0.211 \text{ kg/s}$]
 - b) la legge oraria, $y = y(t)$, che descrive il movimento della massa, sempre calcolando i valori di tutte le grandezze che vi compaiono ed indicando chiaramente il sistema di riferimento che è stato scelto; [$y(t) = y_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t + \varphi)$; $y_m = 0.283 \text{ m}$; $\omega = \omega_0$; $\varphi = \pi/4$, asse y rivolto verso l'alto con $y=0$ nella posizione di equilibrio del corpo appeso alla molla]
 - c) la posizione e la velocità della massa all'istante $t_f = 1.40 \text{ s}$. [$y(t_f) = 0.22 \text{ m}$, $v(t_f) = -1.70 \text{ m/s}$]
- 4) Una lente biconcava e simmetrica ($n = 1.5$, $|R_{1e}| = 10 \text{ cm}$) è posta alla sinistra di uno specchio concavo ($|R_{sp}| = 30 \text{ cm}$) e alla distanza di 40 cm da esso. A metà distanza tra la lente e lo specchio è posto un piccolo oggetto di altezza 1 mm. Determinare, accompagnando le soluzioni del problema con le relative costruzioni grafiche:
 - a) la posizione, la natura e la magnificazione dell'immagine formata dai raggi che dall'oggetto vanno verso la lente; [$d_i = -6.67 \text{ cm}$, immagine virtuale formata dalla sola lente alla sua destra, $m = 1/3$]
 - b) la posizione, la natura e la magnificazione dell'immagine formata dai raggi che dall'oggetto vanno verso lo specchio. [$d_i = -20 \text{ cm}$, immagine virtuale retta alla destra della lente, $m_t = (-3)(-1) = 3$]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

17 giugno 2013

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. Una disco con diametro di 5.50 cm e massa 150 g è collegato a una molla rigida con costante elastica $k=1.00 \times 10^7$ N/m. Il disco oscilla, emettendo un'onda acustica entro un angolo solido di 2π steradiani. All'istante $t=0$ la velocità del disco è di 0.817 m/s e la forza esercitata su di esso dalla molla è nulla. La temperatura dell'aria è 11.0°C , la sua pressione 1.00×10^5 Pa e la sua densità 1.23 kg/m^3 . Determinare
 - a) la frequenza, la lunghezza d'onda e la velocità dell'onda acustica emessa; [$\nu = 1300$ Hz, $\lambda = 26$ cm, $v = 338$ m/s]
 - b) l'ampiezza dell'onda acustica di spostamento e la sua potenza media durante i primi istanti di oscillazione; [$x_m = 10^{-4}$ m, $P_i = 0.33$ W]
 - c) il livello sonoro iniziale percepito a una distanza di 10 m (si trascuri l'attenuazione per assorbimento); [$L = 87.2$ dB]
2. Due corde identiche sono vincolate ai loro estremi. La frequenza di oscillazione di entrambe le corde nel modo fondamentale è di 440 Hz. La pressione dell'aria è 1.01×10^5 Pa e la sua densità 1.23 kg/m^3 .
 - a) Di quanto deve essere aumentata percentualmente la tensione della seconda corda affinché la frequenza di oscillazione nel modo fondamentale diventi 880 Hz ? [300%]
 - b) Se a partire da 440 Hz si aumenta la tensione della seconda corda sino a percepire un battimento acustico con una frequenza di 1 Hz: i) qual è la frequenza di vibrazione della seconda corda? ii) qual è il rapporto tra le velocità di propagazione delle onde sulle due corde? [$\nu_2 = 441$ Hz, $\nu_2/\nu_1 = 1.002$]
 - c) A quale velocità si dovrebbe muovere un ascoltatore che si sposti lungo la linea di congiunzione tra le due corde per non percepire più il battimento di cui al punto b)? In quale direzione? [$v_{as} = 0.385$ m/s, direzione dalla corda 2 verso la 1]
3. Un interferometro di Michelson è illuminato con luce monocromatica. Sui due bracci dell'interferometro sono posti due tubi stagni di lunghezza $L = 10.00$ cm, riempiti di gas alla stessa pressione. Spostando uno dei due specchi di $50.0 \mu\text{m}$ sullo schermo dell'interferometro si vedono passare 158 frange chiare di interferenza. In seguito, aspirando lentamente il gas da uno dei tubi sino a creare il vuoto, sullo schermo si vedono passare 1024 frange chiare di interferenza. Determinare
 - a) la lunghezza d'onda della radiazione; [$\lambda = 633$ nm]
 - b) l'indice di rifrazione del gas. [$n = 1.00324$]
4. Una lente L_1 è posta alla sinistra di una lente L_2 . Le lenti sono entrambe sottili, biconvesse-simmetriche e costituite da vetro con indice di rifrazione $n_v = 1.50$. I raggi di curvatura sono rispettivamente $|R_1| = 0.40$ cm e $|R_2| = 6$ cm. La prima lente determina un ingrandimento $m_1 = -4$ di un piccolo oggetto posto alla sua sinistra. Il sistema ottico forma un'immagine finale dell'oggetto con un ingrandimento totale $m = -12$ Accompanando le soluzioni con le relative costruzioni, si determinino:
 - a) le lunghezze focali delle due lenti; [$f^{(1)} = 4$ mm, $f^{(2)} = 6$ cm]
 - b) la posizione dell'oggetto e dell'immagine formata dalla lente L_1 ; [$d_o^{(1)} = 0.5$ cm, $d_i^{(1)} = 2$ cm]
 - c) La distanza tra le due lenti e la posizione e la natura dell'immagine finale rispetto alla lente L_2 . [$d = 6$ cm, $d_o^{(2)} = 4$ cm, $d_i^{(2)} = -12$ cm, virtuale]

Pre-appello di Onde e Oscillazioni

12 giugno 2013

Docente: *Carlo Pagani*

- Ad una molla di costante elastica $k=1000$ N/m, appesa verticalmente e in condizioni di riposo, viene agganciata una massa $M=10.00$ kg, che viene quindi lasciata libera. Trascurando la massa della molla, supponendo che la massa M venga liberata in un tempo trascurabile e sapendo che dopo 10.00 s l'ampiezza dell'oscillazione si è ridotta a 1/e di quella iniziale, determinare:
 - la legge oraria del moto, indicando il valore di tutti i parametri che in essa compaiono;
[$y(t) = y_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t)$; $y_m = 9.8$ cm; $\gamma = 0.1000$ s⁻¹; $\omega = \omega_0 = 10.00$ s⁻¹]
 - l'equazione di moto, indicando il valore di tutti i parametri che in essa compaiono;
[$M \ddot{y} + b \dot{y} + k y = 0$ oppure $\ddot{y} + 2\gamma \dot{y} + \omega_0^2 = 0$; $b = 2.000$ kg s⁻¹]
 - la posizione della massa al tempo $t=1.000$ s, giustificando le cifre significative che appaiono nel risultato. [$y(1s) = 7.4$ cm]
- In assenza di gravità, un'onda armonica con $\lambda_i = 2$ m e $\nu = 100$ Hz si propaga su una corda infinita sottoposta ad una tensione di 100 N. Sapendo che nel punto $x=0$ la densità lineare della corda passa dal valore μ_1 al valore $\mu_2 = 0.1$ [g/cm] e che l'ampiezza dell'onda incidente è pari a 1 cm determinare:
 - le velocità di propagazione delle onde incidente, trasmessa e riflessa e le lunghezze d'onda ad asse associata; [$v_i = -v_r = 200$ m/s; $v_t = 100$ m/s, $\lambda_i = \lambda_r = 2$ m; $\lambda_t = 1$ m]
 - le funzioni d'onda delle tre onde, indicando i valori delle grandezze che in esse compaiono;
[$\omega = 628$ s⁻¹, $k_1 = 3.14$ m⁻¹, $k_2 = 6.28$ m⁻¹]
 - la potenza media trasportata dalle onde incidente, trasmessa e riflessa. [$P_i = 9.9$ W, $P_r = 1.1$ W, $P_t = 8.8$ W]
- Un fascio di luce composto da 2 lunghezze d'onda monocromatiche nel visibile incide perpendicolarmente su un reticolo a trasmissione di lato $L = 4$ cm e formato da 10^4 fenditure di ampiezza $a = 1$ μm. Sullo schermo posto alla distanza $D = 1.00$ m, le posizioni dei picchi di interferenza del primo ordine delle due lunghezze d'onda sono rispettivamente: $y_{\pm 1, \lambda_1} = \pm 11.0$ cm e $y_{\pm 1, \lambda_2} = \pm 16.0$ cm. Sulla base dei dati determinare:
 - le due lunghezze d'onda presenti nel fascio di luce; [$\lambda_1 = 437$ nm, $\lambda_2 = 632$ nm]
 - l'intensità relativa, rispetto al massimo centrale, delle frange di interferenza di ordine massimo formate dalle due lunghezze d'onda all'interno del picco centrale di diffrazione; [trascurando l'attenuazione geometrica non richiesta; $I_3/I_0 = 0.090 = 9\%$ e non dipende da λ]
 - la larghezza angolare delle frange di cui al punto precedente; [$\delta\theta_{3, \lambda_1} = 1.16 \cdot 10^{-5}$, $\delta\theta_{3, \lambda_2} = 1.79 \cdot 10^{-5}$]
 - il potere risolutivo massimo del reticolo. [$R = 3 \cdot 10^4$]
- Un piccolo oggetto luminoso, alto 10 mm, è posto a 60 cm da una grossa sfera trasparente ($n=1.5$) del diametro di 40 cm ed emette un sottile fascio di raggi parassiali diretti verso il centro di essa. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche (scala suggerita: 10 cm/quadretto, $h_0 = 4$ quadretti), determinare:
 - la posizione dei fuochi della prima e della seconda superficie diottrica; [$f_1^{(1)} = 0.40$ m, $f_2^{(1)} = 0.60$ m, $f_1^{(2)} = 0.60$ m, $f_2^{(2)} = 0.40$ m]
 - la posizione, la natura e la magnificazione trasversale dell'immagine formata dalla sfera. [$d_i = 0.28$ m, immagine reale capovolta, $m_t = -0.60$]

2^a prova scritta in itinere di **Onde e Oscillazioni** 12 giugno 2013

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. Un sistema ottico è formato da due lenti sottili: la prima lente con $R_1 = 30$ mm e $R_2 = 60$ mm è posta alla sinistra di un'altra lente con $R_1 = -20$ mm e $R_2 = -40$ mm. L'indice di rifrazione delle lenti è $n = 1.5$ e la loro distanza è $d = 26$ cm. Un piccolo oggetto di 2.5 mm è posto alla sinistra della prima lente, alla distanza di 18 cm. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche (scala suggerita: 2 cm/quadretto, $h_o = 2$ quadretti), determinare:
 - a) la posizione dei fuochi delle due lenti; [$f^{(1)} = 120$ mm, $f^{(2)} = -80$ mm]
 - b) la posizione dell'immagine formata dal sistema, la sua natura e la magnificazione trasversale. [$d_i = -400$ mm, immagine virtuale retta, $m_t = 8$]
2. Sulla superficie di una lente da occhiali ($n_l = 1.52$) viene depositato uno sottile strato antiriflesso, in modo da avere interferenza distruttiva per le onde luminose di 550 nm con incidenza normale alla superficie. Sapendo che lo spessore ottimale è di 106 nm, determinare:
 - a) l'indice di rifrazione dello strato antiriflesso, sapendo che è minore di n_l ; [$n_s = 1.30$]
 - b) il rapporto tra le intensità riflesse a 550 nm con e senza strato antiriflesso (incidenza normale). [$R_{csa}/R_{ssa} = 0.063 = 6.3\%$]
3. Un fascio di luce composto da 2 lunghezze d'onda monocromatiche nel visibile incide perpendicolarmente su un reticolo a trasmissione di lato $L = 4$ cm e formato da 10^4 fenditure di ampiezza $a = 1$ μ m. Sullo schermo posto alla distanza $D = 1.00$ m, le posizioni dei picchi di interferenza del primo ordine delle due lunghezze d'onda sono rispettivamente: $y_{\pm 1, \lambda_1} = \pm 11.0$ cm e $y_{\pm 1, \lambda_2} = \pm 16.0$ cm. Sulla base dei dati determinare:
 - a) le due lunghezze d'onda presenti nel fascio di luce; [$\lambda_1 = 437$ nm, $\lambda_2 = 632$ nm]
 - b) l'intensità relativa, rispetto al massimo centrale, delle frange di interferenza di ordine massimo formate dalle due lunghezze d'onda all'interno del picco centrale di diffrazione; [trascurando l'attenuazione geometrica non richiesta; $I_3/I_0 = 0.090 = 9\%$ e non dipende da λ]
 - c) la larghezza angolare delle frange di cui al punto precedente; [$\delta\theta_{3, \lambda_1} = 1.16 \cdot 10^{-5}$, $\delta\theta_{3, \lambda_2} = 1.79 \cdot 10^{-5}$]
 - d) il potere risolutivo massimo del reticolo. [$R = 3 \cdot 10^4$]
4. Un piccolo oggetto luminoso, alto 10 mm, è posto a 60 cm da una grossa sfera trasparente ($n=1.5$) del diametro di 40 cm ed emette un sottile fascio di raggi parassiali diretti verso il centro di essa. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche (scala suggerita: 10 cm/quadretto, $h_o = 4$ quadretti), determinare:
 - a) la posizione dei fuochi della prima e della seconda superficie diottrica; [$f_1^{(1)} = 0.40$ m, $f_2^{(1)} = 0.60$ m, $f_1^{(2)} = 0.60$ m, $f_2^{(2)} = 0.40$ m]
 - b) la posizione, la natura e la magnificazione trasversale dell'immagine formata dalla sfera. [$d_i = 0.28$ m, immagine reale capovolta, $m_t = -0.60$]

1^a prova scritta in itinere di **Onde e Oscillazioni** 24 aprile 2013

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa $m = 2.00$ kg è collegata a due molle orizzontali contrapposte di costante elastica $k_1 = 120.0$ N/m e $k_2 = 80.0$ N/m, ed oscilla scivolando senza attrito su di un piano orizzontale. All'istante iniziale la velocità della massa è di -0.30 m/s e la distanza della massa dalla posizione di equilibrio è di $+4.0$ cm. Dopo esattamente 100 periodi completi di oscillazione la distanza della massa dalla posizione di equilibrio è di $+2.9$ cm. Determinare:
 - l'equazione del moto, specificando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono;
[$m \ddot{x} + b \dot{x} + kx = 0$; $\ddot{x} + 2\gamma \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$, $\omega_0 = 10.0$ s⁻¹ , $\gamma = 5.1 \times 10^{-3}$ s⁻¹ , $b = 2.05 \times 10^{-2}$, $k = 200$ N/m,]
 - la legge oraria del moto, specificando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono; [$x(t) = x_m \exp(-\gamma t) \cos(\omega t + \varphi)$, $\omega = \omega_0$, $x_m = 5.0$ cm, $\varphi = 0.644$ rad = 36.9°]
 - dopo quanto tempo l'energia dell'oscillatore è ridotta al 10% del suo valore iniziale; [226 s]
 - la velocità della massa al tempo $t = 20\pi$ s. [-0.22 m/s]
- Una nave si muove verso terra in direzione della capitaneria di porto con una velocità di 36 km/h. Passando di fianco a una boa, la nave aziona una sirena con una frequenza di 150 Hz. La temperatura dell'aria è di 7°C. La sirena ha una potenza di 100W ed emette entro un angolo solido di 2π steradiani, Il livello sonoro percepito dalla capitaneria nel caso in cui la nave sia ferma di fianco alla boa è pari a 72.0 dB. Trascurando l'attenuazione per assorbimento dell'aria e con $\rho_{\text{aria}} = 1.29$ kg/m³, determinare:
 - la distanza tra l'ingresso del porto e la capitaneria; [1.00 km]
 - la frequenza della sirena percepita dalla capitaneria quando la nave è in movimento; [154.6 Hz]
 - il livello sonoro percepito dalla capitaneria con la nave in movimento; [72.26 dB]
 - l'ampiezza dell'onda di pressione percepita dalla capitaneria con la nave in movimento. [0.121 Pa]
- Un pozzo a cielo aperto presenta due frequenze di risonanza pari a 39.0 Hz e 91.0 Hz. La temperatura dell'aria è di 23 °C. Sulla base dei dati;
 - determinare la profondità minima del pozzo; [6.62 m]
 - determinare le lunghezze d'onda e le frequenze dei primi tre modi normali del pozzo corrispondenti alla profondità determinata al punto a). Indicare quali risultano essere udibili; [26.5 m, 8.8m, 5.3m; 13.0 Hz non udibile, 39.0 Hz e 65.0 Hz udibili]
 - rappresentare graficamente le onde stazionarie di spostamento e di pressione dei primi tre modi normali mettendo in evidenza le relazioni di fase.
- Due spezzoni di corda semi-infiniti sono collegati tra loro. Le due corde sono sottoposte a una tensione di 10 N e sono costituite dallo stesso materiale, ma la prima ha un diametro doppio rispetto alla seconda. Sulla prima corda propaga in direzione del punto di congiunzione un'onda armonica progressiva $y_1(z,t) = A_1 \cos(k_1 z - \omega t)$ con frequenza di 100 Hz e velocità di 50m/s. La potenza media dell'onda progressiva trasmessa è pari a 10.0 W. Sulla seconda corda propaga, sempre in direzione del punto di congiunzione, un'onda armonica regressiva $y_2(z,t) = A_2 \cos(k_2 z + \omega t)$ con la stessa frequenza. La potenza media riflessa dell'onda regressiva è di 10.0 W. Le due onde si incontrano nel punto di congiunzione tra le corde. Determinare:
 - i coefficienti di riflessione e trasmissione di ampiezza per le due onde; [$r_1 = 1/3$, $t_1 = 4/3$, $r_2 = -1/3$, $t_2 = 2/3$]
 - i coefficienti di riflessione e trasmissione di potenza per le due onde; [$R_1 = R_2 = 1/9$, $T_1 = T_2 = 8/9$]
 - lunghezza d'onda, ampiezza e velocità di propagazione di tutte le onde presenti sulle due corde; [$\lambda_1 = 0.5$ m, $\lambda_2 = 1.0$ m, $v_1 = 50$ m/s, $v_2 = 100$ m/s, $A_{1,i} = 16.9$ mm, $A_{1,t} = 22.5$ mm, $A_{1,r} = 5.6$ mm; $A_{2,i} = 67.5$ mm, $A_{2,t} = 45$ mm, $A_{2,r} = -22.5$ mm]
 - Sulla seconda corda è presente un'onda progressiva? Motivare la risposta. [no, perché $A_{1,t} + A_{2,r} = 0$]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

13 febbraio 2013

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa $M = 5.00 \text{ kg}$ è sospesa ad una molla di costante elastica $k = 500.0 \text{ N/m}$ ed oscilla verticalmente. All'istante iniziale la velocità della massa è massima ed è pari a 2.00 m/s . Dopo 50 periodi di oscillazione si osserva che la velocità massima si è ridotta al 10% del valore iniziale. Si determini:
 - la posizione della massa all'istante iniziale, dopo aver indicato e giustificato il sistema di riferimento adottato per la descrizione del problema; [$x(0) = 0$, asse x diretta come $v(0)$]
 - l'equazione differenziale che regge il moto, calcolando i valori di tutte le grandezze che vi compaiono; [$M\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0$; $\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$; $M=5.000 \text{ kg}$; $b=7.3 \cdot 10^{-1} \text{ kg/s}$, $k=500 \text{ N/m}$; $\omega_0=10 \text{ s}^{-1}$; $\gamma=7.3 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$]
 - la legge oraria, $x = x(t)$, che descrive il movimento della massa, sempre calcolando i valori di tutte le grandezze che vi compaiono; [$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t)$; $\omega = \omega_0 = 10 \text{ s}^{-1}$; $\gamma = 7.3 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$; $x_m = 20 \text{ cm}$]
 - come cambia la frequenza di oscillazione della massa se alla molla k_1 viene collegata in parallelo una molla di costante elastica $k_2 = 1500 \text{ N/m}$. [$\nu' = 2\nu = 3.18 \text{ Hz}$]
- Si consideri un'onda trasversale, di equazione $y(x,t) = y_m \cos(kx - \omega t + \pi/3)$, che si propaga su una corda infinita. Sapendo che: la densità della corda è $\rho = 7.80 \cdot 10^3 \text{ [kg/m}^3\text{]}$, la sua sezione $S = 1.00 \text{ [mm}^2\text{]}$, la frequenza dell'onda $\nu = 200 \text{ Hz}$, la sua lunghezza d'onda $\lambda = 1.00 \text{ m}$ e che la potenza media trasportata dall'onda è $P_t = 100 \text{ W}$, si determini:
 - le grandezze: ω , k , v e y_m ; [$1.26 \cdot 10^3 \text{ s}^{-1}$, 6.28 m^{-1} , 200 m/s , 9.0 mm]
 - la velocità e l'accelerazione trasversale dell'onda, $v_y(x,t)$ e $a_y(x,t)$;
[$v_y(x,t) = y_m \omega \sin(kx - \omega t + \pi/3)$; $a_y(x,t) = -y_m \omega^2 \cos(kx - \omega t + \pi/3)$]
 - disegnare su uno stesso grafico le grandezze: $y(x,0)$, $v_y(x,0)$, $a_y(x,0)$.
- Una sottile macchia d'olio ($n_{\text{olio}} = 1.45$) galleggia sulla superficie di un recipiente pieno d'acqua ($n_{\text{acqua}} = 1.33$). Utilizzando una sorgente che permetta di variare la lunghezza d'onda della luce monocromatica con continuità, si osserva, per incidenza normale alla superficie, un minimo di riflettività (interferenza distruttiva) per le due lunghezze d'onda consecutive $\lambda_1 = 480 \text{ nm}$ e $\lambda_2 = 560 \text{ nm}$. La luce incidente sull'olio propaga in aria ($n_{\text{aria}} = 1.00$). Sulla base dei dati:
 - calcolare lo spessore della macchia d'olio; [$d = 1.16 \mu\text{m}$]
 - utilizzando i coefficienti di Fresnel stimare il rapporto tra l'intensità dell'onda riflessa misurata e quella dell'onda incidente in condizioni di interferenza distruttiva, (si trascurino le eventuali riflessioni multiple). [$I_r/I_0 = 2.0 \%$]
- La luce emessa da una piccola freccia, passando attraverso una lente simmetrica ($n_{\text{lente}} = 1.50$) posta alla sua destra, forma, sempre alla sua destra, un'immagine ad una distanza $d = 45.0 \text{ cm}$ dall'oggetto. Sapendo che l'esperimento è effettuato in aria ($n = 1.00$), determinare:
 - la natura della lente, la sua distanza dall'oggetto, la distanza focale, i raggi R_1 e R_2 delle superfici diottriche e la natura dell'immagine nel caso in cui sia $m_t = -1/2$; [convergente-biconvessa, $d_o=30\text{cm}$, $f=10\text{cm}$, $R_1=10\text{cm}$, $R_2=-10\text{cm}$, immagine reale capovolta]
 - la natura della lente, la sua distanza dall'oggetto, la distanza focale, i raggi R_1 e R_2 delle superfici diottriche e la natura dell'immagine nel caso in cui sia $m_t = 1/2$; [divergente-biconcava, $d_o=90\text{cm}$, $f=-90\text{cm}$, $R_1=-90\text{cm}$ e $R_2=90\text{cm}$, immagine virtuale retta]
 - i valori che dovrebbero avere i raggi R_1 e R_2 nei due casi precedenti per ottenere tutti gli stessi risultati (fatta eccezione per R_1 e R_2) effettuando l'esperimento in acqua ($n_{\text{acqua}} = 1.33$). [$R_{1a}=2,56\text{cm}$, $R_{2a}=-2.56\text{cm}$, $R_{1b}=-23\text{cm}$ e $R_{2b}=23\text{cm}$]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

21 settembre 2012

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa oscillante di 300 g è collegata ad una molla con costante elastica $k=120$ N/m. Sapendo che all'istante $t=0$: i) la massa si sta spostando da x positiva verso la posizione di equilibrio, ii) l'energia totale è pari a 10.0 J, iii) l'energia cinetica è pari a 6.0 J, e iv) l'energia del sistema diminuisce del 5% ogni 5 cicli completi di oscillazione, determinare:
 - la posizione della massa all'istante iniziale; [$x(0) = 0.258$ m]
 - la legge oraria del moto, indicando il valore e le unità di misura di tutti i parametri che in essa compaiono; [$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t + \varphi)$; $x_m = 0,408$ m, $\gamma = 1.63 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$, $\omega = 20$ rad/s, $\varphi = 0.89$ rad = 51°]
 - l'energia del sistema e l'ampiezza dell'oscillazione all'istante $t=30$ s. [$E(30\text{s}) = 3.75$ J, $A(30\text{s}) = 0.25$ m]
- Due corde identiche, aventi la stessa lunghezza L , sono vincolate ai loro estremi. La tensione della seconda corda è maggiore del 2% di quella della prima. La frequenza di oscillazione fondamentale della prima corda è di 880 Hz. Il livello sonoro a 10,0 m di distanza dalle corde è pari a 40 dB e la temperatura dell'aria è pari a 20°C . Si determinino:
 - le lunghezze d'onda delle onde acustiche emesse dalle due corde quando vibrano alla loro frequenza fondamentale; [$\lambda_1 = 0.390$ m, $\lambda_2 = 0.386$ m]
 - le frequenze di battimento tra le onde emesse dalle due corde sulla fondamentale e sulle successive due armoniche; [$\Omega_1=8.8$ Hz, $\Omega_2=17.5$ Hz, $\Omega_3=26.3$ Hz]
 - la distanza alla quale il suono emesso dalle corde risulta appena percettibile (si trascuri l'attenuazione per assorbimento dell'aria). [$D_0 = 1$ km]
- Un reticolo di diffrazione è posto a una distanza di 1.00 m da uno schermo. Illuminando il reticolo con la luce verde di un laser con $\lambda=532$ nm, su uno schermo centrato si distinguono chiaramente sette massimi di intensità. La distanza tra il massimo centrale e i due massimi del primo ordine ad esso adiacenti è pari a 276 mm. Si determinino:
 - la distanza tra le fenditure del reticolo; [$d = 2$ μm]
 - una stima della larghezza massima delle fenditure del reticolo; [$a < 0.66$ μm]
 - il numero minimo di fenditure che deve avere il reticolo, sapendo che al prim'ordine risultano distinguibili le due lunghezze d'onda del doppietto del sodio ($\lambda_{D1}=589.6$ nm, $\lambda_{D2}=589.0$). [$N \geq 982$]
- Un piccolo oggetto è posto alla sinistra di una lente convergente L_1 , a una distanza di 90 cm da essa. Alla destra di L_1 , ad una distanza di 315 cm da essa, è posta un'altra lente convergente L_2 . Le lenti sono costituite da vetro con indice di rifrazione $n_v = 1.50$. Le lunghezze focali in aria delle due lenti L_1 e L_2 sono rispettivamente $f_{(1)} = 60$ cm e $f_{(2)} = 45$ cm. Determinare la posizione, la natura e la magnificazione dell'immagine formata dal sistema ottico nelle seguenti due condizioni, accompagnando la soluzione del primo punto con una costruzione in scala e quella del secondo con uno schema qualitativo:
 - Il sistema ottico è immerso in aria ($n_{\text{aria}} = 1.00$); [$d_o = 67.5$ cm, reale, $m = 1$]
 - Il sistema ottico è immerso in glicerolo ($n_{\text{glic}} = 1.47$). [$d_o = -655$ cm, virtuale, $m = 1.69$]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

16 luglio 2012

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un reticolo di diffrazione a trasmissione è largo 3.00 cm e contiene 5000 fenditure. Sapendo che utilizzando laser He-Ne con lunghezza d'onda pari a 632.8 nm, su uno schermo posto alla distanza di 2.0 m si osservano 5 picchi di interferenza nel massimo centrale di diffrazione, determinare:
 - la distanza tra le fenditure e stimare la loro larghezza; [$d = 6 \mu\text{m}$, $a \approx 2 \mu\text{m}$]
 - la posizione sullo schermo del 1° e del 2° massimo di interferenza e la loro ampiezza angolare; [$\theta_1 = 0.106 = 6.05^\circ$, $\theta_2 = 0.213 = 12.2^\circ$, $y_1 = 21.2 \text{ cm}$, $y_2 = 43.2 \text{ cm}$, $\delta\theta_1 = 2.1 \cdot 10^{-5}$, $\delta\theta_2 = 2.2 \cdot 10^{-5}$]
 - l'intensità, relativa al massimo centrale, dei picchi del 1° e del 2° ordine. [$I_1/I_0 = 0.68 = 68\%$, $I_2/I_0 = 0.17 = 17\%$]
- Una corda di contrabbasso è lunga 80 cm, ha una massa pari a 4.00 g ed è accordata sul $1a_2$ (110 Hz). Supponendo: i) che tutta la potenza dell'onda acustica sia emessa in un angolo solido $\Sigma = 2\pi$ e sia trasportata dal modo fondamentale, ii) che la temperatura ambiente sia 15 °C e sia $\rho_0 = 1.29 \text{ kg/m}^3$, iii) che un ascoltatore alla distanza di 50 m percepisca un livello sonoro di 50 dB, si determini
 - la tensione applicata alla corda e la velocità di propagazione sulla corda [$T = 155 \text{ N}$, $v = 176 \text{ m/s}$]
 - la potenza media emessa dal violoncello sul $1a_2$; [$P = 1.57 \text{ mW}$]
 - il livello sonoro percepito a 20 m dallo strumento; [$L = 58 \text{ dB}$]
 - l'ampiezza dell'onda di pressione alla distanza dell'ascoltatore. [$\delta p_{50\text{m}} = 9.4 \text{ mPa}$]
- Una persona appesa ad un paracadute sta scendendo lungo la verticale alla velocità costante di 6 m/s e la temperatura dell'aria è $T = 20 \text{ °C}$. Quando si trova all'altezza di 500 m dal suolo, lascia cadere una piccola sirena che emette una potenza sonora media di 0.10 W, in modo isotropo, e alla frequenza di 500 Hz. Trascurando l'effetto dell'attrito dell'aria sulla caduta dell'oggetto e l'attenuazione sonora che essa produce, determinare ai tempi $t_1 = 5\text{s}$, $t_2 =$ quando la sirena tocca il suolo:
 - la frequenza percepita da un osservatore a terra; [$\nu_1 = 596 \text{ Hz}$, $\nu_2 = 703 \text{ Hz}$]
 - la frequenza percepita dal paracadutista; [$\nu_1 = 438 \text{ Hz}$, $\nu_2 = 395 \text{ Hz}$]
 - il livello sonoro percepito dal paracadutista. [$L_1 = 57 \text{ dB}$, $L_2 = 46 \text{ dB}$]
- Una lente biconvessa e simmetrica è realizzata con un vetro di indice di rifrazione pari a 1.5. Le sue superfici hanno un raggio di curvatura $|R_L| = 30 \text{ cm}$. La lente è posta a una distanza di 50 cm da uno specchio concavo con un raggio di curvatura $|R_S| = 40 \text{ cm}$. A metà distanza tra la lente e lo specchio è posto un piccolo oggetto di altezza 1 mm. Si determinino la posizione, la natura e la magnificazione delle due immagini dell'oggetto formate dal sistema ottico. Verificare le soluzioni del problema con le relative costruzioni grafiche. (Nota: le immagini sono due in quanto l'oggetto emette raggi parassiali sia in direzione della lente che dello specchio). [dando tutte le posizioni dalla lente, positive se verso lo specchio: $d_{i1} = 1.5 \text{ m}$, virtuale, $m_1 = 6$; $d_{i2} = -18.8 \text{ cm}$, reale, $m_2 = -1.5$]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

25 giugno 2012

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un oscillatore armonico smorzato è costituito da una massa di 0.6 kg collegata a una molla con costante elastica 10.0 N/m. All'istante iniziale la massa transita per un estremo di oscillazione e la sua accelerazione in questo punto vale $a = 2.0 \text{ m/s}^2$. Dopo cento oscillazioni complete l'ampiezza di oscillazione risulta essere dimezzata. Determinare
 - la legge oraria, indicando il valore di tutte le grandezze che vi compaiono;
[$x(t) = -x_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t)$; $x_m = 0.12 \text{ m}$; $\gamma = 4.50 \cdot 10^{-3} \text{ s}^{-1}$; $\omega = \omega_0 = 4.08 \text{ s}^{-1}$]
 - la variazione percentuale dell'ampiezza del moto armonico in un ciclo di oscillazione;
[$\Delta A/A = 0,69\%$]
 - la posizione e la velocità della massa all'istante $t = 10 \text{ s}$. [$x(10\text{s}) = 0.115 \text{ m}$; $v(10\text{s}) = 7 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$]
- Una sirena emette un'onda acustica sferica entro un angolo solido di $\pi/2$ steradiani. Un ascoltatore posto a distanza R dalla sirena rileva livello sonoro pari a 110 dB. Avvicinandosi di 10 m alla sirena l'ascoltatore rileva un livello sonoro pari a 115 dB.
 - Determinare la potenza della sorgente e la distanza R dall'ascoltatore; [$P_S = 82 \text{ W}$; $R = 22\text{-}8 \text{ m}$]
 - Tenendo conto dell'attenuazione per assorbimento dell'aria (3dB/km), determinare il livello sonoro percepito ad una distanza di 2.0 km dalla sorgente. [$L_{2\text{km}} = 65.2 \text{ dB}$]
- Due fenditure di larghezza 0.10 mm, poste a una distanza di 0.50 mm l'una dall'altra, sono illuminate con un'onda piana di lunghezza d'onda 633 nm incidente perpendicolarmente al piano in cui giacciono le fenditure. A una distanza di 3.0 m è posto uno schermo.
 - Determinare la larghezza sullo schermo del massimo principale di diffrazione e il numero di frange di interferenza chiaramente visibili all'interno di tale massimo;
[$\Delta y_1 = 2 \cdot 1.9 \text{ cm} = 3.8 \text{ cm}$; $N_{\text{picchi}} = 9$]
 - Determinare l'intensità del terzo massimo di interferenza relativa a quella del massimo centrale. [$I_3 / I_0 = 26 \%$]
 - Interponendo tra una delle due fenditure e lo schermo una pellicola trasparente di Mylar ($n = 1.64$) il massimo centrale di interferenza si sposta di 38 mm sullo schermo. Determinare lo spessore della pellicola. [$d = 9.9 \mu\text{m}$]
- Un sistema ottico è formato da due lenti simmetriche biconvesse allineate aventi $|R| = 12 \text{ cm}$. La prima lente, posta alla sinistra della seconda, è realizzata in vetro crown ($n = 1.5$), mentre la seconda in vetro flint ($n = 1.6$). Un piccolo oggetto è posto alla sinistra della prima lente a una distanza di 18 cm da essa. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche determinare:
 - la lunghezza focale delle due lenti; [$f^{(1)} = 12 \text{ cm}$; $f^{(2)} = 10 \text{ cm}$]
 - la distanza tra le due lenti affinché l'immagine formata dal sistema ottico risulti capovolta e con un ingrandimento complessivo pari a -4; si indichi anche la posizione in cui si forma l'immagine e la sua natura; [$d = 41 \text{ cm}$; $d_i = -10 \text{ cm}$; virtuale]
 - la posizione, la natura e la magnificazione dell'immagine quando la seconda lente viene posta a 12 cm di distanza dalla prima. [$d_i = 7.1 \text{ cm}$; reale; $m_t = m_1 \cdot m_2 = -0.63$]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

15 giugno 2012

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Un oscillatore armonico smorzato è costituito da una massa $M = 5.00$ kg collegata ad una molla ed è retto dall'equazione $\ddot{x} + 2\gamma \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$ con $\omega_0 = 2\pi \text{ s}^{-1}$ e $\gamma = 1.00 \text{ s}^{-1}$. Sapendo che all'istante iniziale la massa transita per il punto di equilibrio con velocità $v_0 = 1.00$ m/s, determinare:
 - la legge oraria, indicando il valore di tutte le grandezze che vi compaiono con tre cifre significative; [$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t)$; $x_m = 16.1$ cm; $\gamma = 1.00 \text{ s}^{-1}$; $\omega = 6.20 \text{ s}^{-1}$]
 - la frequenza ed il periodo del moto armonico smorzato (sempre con 3 cifre); [$\nu = 0.987$ Hz, $T = 1.013$ s]
 - l'energia totale del sistema all'istante iniziale; [$E_t(0) = 2.50$ J]
 - l'energia del sistema all'istante $t = 1.30$ s e la sua distribuzione tra potenziale e cinetica. [$E_t(1.3) = 186$ mJ, $U(1.3) = 182$ mJ, $K(1.3) = 4$ mJ]
- Una lente sottile, simmetrica e bi-convessa ($n_{\text{lente}} = 1.5$), è incastonata nella parete laterale di una vasca piena d'acqua ($n_{\text{acqua}} = 1.33$). Un piccolo oggetto luminoso è posto sulla parete opposta alla lente, in corrispondenza del suo asse ottico e alla distanza di 1.00 m. Sapendo che la lente proietta un'immagine nitida e capovolta dell'oggetto luminoso su di uno schermo esterno posto a 2.00 m di distanza, determinare:
 - il valore dei raggi di curvatura della lente; [$R_1 = 36.6$ cm, $R_2 = -36.6$ cm]
 - la posizione dei fuochi F_1 e F_2 della lente; [$f_1 = 72.7$ cm, $f_2 = 54.6$ cm]
 - l'ingrandimento trasversale prodotto dal sistema ottico. [$m_t = -2.66$]Basandosi sui risultati ottenuti, costruire graficamente l'immagine dell'oggetto luminoso formata dal sistema ottico e verificarne la correttezza.
- In assenza di gravità, due corde semi-infinita sono collegate tra loro e sottoposte alla stessa tensione. Un'onda armonica progressiva di frequenza $\nu = 100$ Hz si propaga da sinistra a destra, provenendo dalla prima corda. Sapendo che: i) la densità lineica della prima corda, $\rho_{11} = 9$ g/m, è un fattore 9 più grande di quella della seconda, ii) la velocità di propagazione sulla prima corda è $v_1 = 100$ m/s, iii) la potenza media dell'onda trasmessa è $P_t = 3$ W, determinare:
 - la tensione applicata alle corde; [$T = 90$ N]
 - i coefficienti di trasmissione e riflessione di potenza; [$R = 1/4 = 0.25$, $T = 3/4 = 0.75$]
 - i coefficienti di trasmissione e riflessione di ampiezza; [$r = 1/2 = 0.5$, $t = 3/2 = 1.5$]
 - le funzioni d'onda delle tre onde, incidente, trasmessa e riflessa, indicando i valori di tutti i parametri che in esse compaiono. [$\omega = 628 \text{ s}^{-1}$; $\xi_i = \xi_{i,m} \cos(k_1 x - \omega t)$; $\xi_r = \xi_{r,m} \cos(k_1 x + \omega t)$; $\xi_t = \xi_{t,m} \cos(k_2 x - \omega t)$; $\xi_{i,m} = 4.75$ mm, $\xi_{r,m} = 2.37$ mm, $\xi_{t,m} = 7.12$ mm, $k_1 = 6.28 \text{ m}^{-1}$, $k_2 = 2.09 \text{ m}^{-1}$]
- Lungo i due bracci di un interferometro di Michelson vengono introdotti due tubi identici lunghi 10.00 cm. Utilizzando una sorgente di lunghezza d'onda $\lambda_1 = 632.8$ nm, quando nel primo tubo viene fatto il vuoto e quindi nel secondo viene introdotto lentamente un gas, fino alla pressione $p = 1.000 \cdot 10^5$ Pa, sullo schermo compare il massimo di ordine $m_1 = 1817$. Se ora si ripete l'esperimento utilizzando una seconda sorgente di lunghezza d'onda λ_2 , sullo schermo compare una frangia chiara di ordine $m_2 = 2356$. Sulla base dei dati, e giustificando le cifre significative che vengono utilizzate nel presentare i risultati, si determini:
 - la lunghezza d'onda della seconda radiazione utilizzata; [$\lambda_2 = 488$ nm]
 - l'indice di rifrazione, alla pressione indicata, del gas immesso nel secondo tubo. [$n_g = 1.00575$]

2° prova scritta in itinere del corso di: **Onde e Oscillazioni**
6 giugno 2012

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. un reticolo di diffrazione quadrato, con lato $L = 2 \text{ cm}$ e 1000 fenditure, è illuminato da una luce monocromatica incidente perpendicolarmente ad esse. La figura di diffrazione che si ottiene su di uno schermo centrato, largo un metro e posto alla distanza di un metro, ha il primo minimo di diffrazione nelle posizioni $y_1 = \pm 10.0 \text{ cm}$ e il massimo centrale contiene 7 massimi di interferenza nettamente distinguibili. Determinare:
 - a) la larghezza delle fenditure [$a = 5 \mu\text{m}$]
 - b) la lunghezza d'onda della luce monocromatica utilizzata. [$\lambda = 500\text{nm}$]
 - c) il numero di minimi di diffrazione visibili sullo schermo [8]
 - d) l'intensità massima dei picchi di interferenza del 1° e del 3° ordine espressa in percentuale rispetto all'intensità del massimo centrale. [$I_1=81\% I_0$, $I_3=9.0\% I_0$]
2. Un doppietto acromatico è una lente composta costituita da due lenti sottili poste a contatto tra loro. Nel caso preso in esame la prima lente è simmetrica biconvessa con $n_1=1.50$. La seconda lente è piano-concava, con $n_2=1.70$. Tutte le superfici curve hanno $|R|=20.0 \text{ cm}$. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche, determinare:
 - a) La lunghezza focale delle due lenti; [$f^{(1)} = 20 \text{ cm}$, $f^{(2)} = -28.6 \text{ cm}$]
 - b) La posizione e la magnificazione dell'immagine formata dal sistema ottico di un piccolo oggetto posto a $40,0 \text{ cm}$ dalla prima lente. [$d_i = -1\text{m}$, $m_{\text{tot}} = 2.5$]
 - c) La lunghezza focale complessiva del sistema di due lenti; [$f_{\text{tot}} = 66.7 \text{ cm}$]Nota: si consideri nulla la distanza tra le due lenti sottili del doppietto acromatico.
3. Le lenti di un paio di occhiali sono schematizzabili con una lastra di vetro ($n = 1.50$) rivestita con un sottile strato antiriflesso ($n=1.32$). La luce proveniente dall'aria ($n=1.00$) presenta un minimo di intensità riflessa per $\lambda=550 \text{ nm}$. Trascurando la dipendenza dell'indice di rifrazione da λ e supponendo che la luce incida perpendicolarmente allo strato:
 - a) Determinare lo spessore minimo dello strato antiriflesso. [$d_{\text{min}} = 104 \text{ nm}$]
 - b) Determinare la differenza di fase tra le onde riflesse dalla prima e dalla seconda superficie dello strato per $\lambda=400\text{nm}$ e $\lambda=700 \text{ nm}$. [$\phi_1 = 4.32 = 247^\circ$, $\phi_2 = 2.47 = 141^\circ$]
4. una sorgente luminosa puntiforme è posta sul fondo di una piscina. La piscina contiene uno strato d'acqua ($n=1.33$) spesso 1.00 m sul quale galleggia uno strato di olio siliconico ($n=1.5$), anche esso spesso 1.00 m . Approssimando l'indice di rifrazione dell'aria al di sopra della piscina con $n=1.00$, determinare:
 - a) la profondità apparente della sorgente luminosa come percepita da una persona che la osservi in direzione perpendicolare alla superficie libera del liquido; [$h = 1.42 \text{ m}$]
 - b) l'angolo di incidenza massimo sulla superficie acqua-olio affinché i raggi di luce emessi dalla sorgente possano fuoriuscire dalla piscina. [$\theta = 0.85 = 48.8^\circ$]

1° prova scritta in itinere del corso di: **Onde e Oscillazioni**

18 aprile 2012

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- Una massa $M = 5.00$ kg è collegata a due molle contrapposte e compie un moto oscillatorio smorzato con periodo $T = 2.00$ s. Sapendo che: i) le costanti elastiche k_1 e k_2 delle due molle sono legate dalla relazione $k_2 = 2 k_1$, ii) all'istante $t=0$ la velocità della massa è $v(0) = 2$ m/s e l'energia totale del sistema è $E(0) = 10$ J, iii) l'ampiezza dell'oscillazione $A(t)$ si attenua con una costante di tempo $\tau = 10$ s, determinare:
 - le costanti elastiche k_1 e k_2 delle due molle [$k_1 = 16.5$ N/m , $k_2 = 32.9$ N/m]
 - l'equazione del moto indicando il valore di tutti i parametri che in essa compaiono con le rispettive cifre significative; [$M \ddot{x} + b \dot{x} + k x = 0$ o $\ddot{x} + 2\gamma \dot{x} + \omega_0^2 x = 0$, $b = 1$ kg/s , $k = 49.4$ N/m , $\gamma = 0.1$ s⁻¹ , $\omega_0 = \omega = 3.14$ s⁻¹ , ovvero $\omega_0 \approx \omega \approx \pi$]
 - la legge oraria indicando il valore di tutti i parametri che in essa compaiono con le rispettive cifre significative; [$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t)$, $x_m = 0.64$ m]
 - la posizione della massa oscillante all'istante $t=7/4 T$. [$x(t) = - 0.45$ m]
- Uno strumento musicale a fiato con canna del tipo aperta/chiusa emette un la2 (110 Hz) alla temperatura di 10 °C in un angolo solido $\Sigma = \pi/9$. Un ascoltatore alla distanza di 500 m nella direzione del suono percepisce un livello sonoro di 57 dB. Supponendo che la potenza sia trasferita soltanto dall'armonica fondamentale, che la densità dell'aria sia $\rho_0 = 1.29$ kg/m³ e che l'attenuazione dell'aria sia pari a -6 dB/km: determinare:
 - la lunghezza della canna e le lunghezze d'onda delle prime 4 frequenze emesse; [$L = 0.766$ m, $\lambda_1 = 3.06$ m, $\lambda_3 = 1.02$ m, $\lambda_5 = 0.61$ m, $\lambda_7 = 0.44$ m]
 - la potenza media emessa dallo strumento; [$\langle P \rangle = 87$ mW]
 - l'ampiezza dell'onda di pressione nella posizione dell'ascoltatore; [$\delta p_m = 21$ mPa]
 - disegnare, evidenziando i nodi e i ventri, le onde stazionarie di pressione e di spostamento relative alla fondamentale ed all'armonica successiva. [a-c \Rightarrow pr. n-v; sp. v-n]
- Una corda semi-infinita è collegata a un'altra corda semi infinita, posta alla destra della prima e sottoposta alla stessa tensione. La densità lineica di massa della seconda corda è un fattore quattro più grande di quella della prima. Inviando un'onda armonica progressiva sulla prima corda si rileva che la potenza media dell'onda trasmessa è pari a otto volte quella dell'onda riflessa. Determinare:
 - il rapporto tra la velocità di propagazione sulla prima corda e quella sulla seconda; [$v_1 / v_2 = 2$]
 - i coefficienti di trasmissione e riflessione di potenza; [$T = 8/9$, $R = 1/9$]
 - i coefficienti di trasmissione e riflessione di ampiezza; [$t = 2/3$, $r = -1/3$]
 - quale deve essere il rapporto tra la densità lineica delle due corde affinché l'onda riflessa sia in controfase con quella incidente e la potenza dell'onda riflessa sia metà di quella incidente. [$\rho_2 > \rho_1$ perché la riflessa sia in controfase; $\rho_2 = 34 \rho_1$ perché la potenza sia $1/2$]
- Una persona in bicicletta suona un fischiello a ultrasuoni che emette una nota a 21kHz. Sapendo che la velocità del suono è pari a 340 m/s, determinare:
 - quale deve essere la velocità della bicicletta affinché il suono del fischiello sia teoricamente percepibile da un essere umano standard fermo lungo la traiettoria rettilinea del ciclista (specificare se la bicicletta si deve avvicinare o allontanare dall'ascoltatore); [$v_s = - 17$ m/s , si allontana in quanto $v_s < 0$]
 - la frequenza dell'onda di eco udita dal ciclista, riflessa da un muro fermo posto dietro all'ascoltatore e lungo la traiettoria del ciclista. Si assuma che il ciclista si stia spostando alla velocità determinata in a). [19 kHz]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

15 febbraio 2012

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Due corde con uguale densità di massa lineica $\rho_1 = 5.0$ g/m sono sottoposte alla stessa tensione $T = 968$ N. Le corde hanno lunghezza L_1 e $L_2 = 1.02 L_1$. La prima corda ha una frequenza fondamentale di vibrazione di 440 Hz. Si determinino:
 - a) Le lunghezze delle due corde; [$L_1 = 50$ cm, $L_2 = 51$ cm]
 - b) La frequenza della nota di battimento udita quando le corde vibrano alla loro frequenza fondamentale; [$\nu_b = 8.6$ Hz]
 - c) La variazione di tensione che deve subire la seconda corda per vibrare alla stessa frequenza della prima. [$\Delta T = 39$ N]

- 2) Un oscillatore debolmente smorzato è costituito da una massa $m = 1.0$ kg collegata ad una molla di massa trascurabile. L'oscillatore oscilla con una frequenza di 2.0 Hz. All'istante iniziale la velocità dell'oscillatore è massima e pari a 1.0 m/s. Dopo 100 oscillazioni complete l'ampiezza di oscillazione è il 90% di quella iniziale. Si determinino:
 - a) L'equazione di moto, indicando i valori e le unità di misura di tutti i parametri che in esse compaiono; [$m\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0$ ovvero $\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 = 0$; $m = 1$ kg, $b = 4.2 \cdot 10^{-3}$ Kg/s, $\gamma = 2.1 \cdot 10^{-3}$ s⁻¹, $k = 158$ N/m, $\omega_0 = 12.6$ s⁻¹]
 - b) La legge oraria del moto, indicando i valori e le unità di misura di tutti i parametri che in esse compaiono. [$x(t) = x_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t)$, $x_m = 8.0$ cm, $\omega = \omega_0$]
 - c) La posizione e la velocità della massa al tempo $t = 100$ s. [$x(100\text{s}) = 0$ m, $v(100\text{s}) = 0.81$ m/s]

- 3) Una doppia fenditura è formata da due fenditure di uguale larghezza poste ad una distanza di 6,0 m da uno schermo. La doppia fenditura viene illuminata dalla luce emessa da un LASER di lunghezza d'onda 633nm. Sullo schermo risultano chiaramente distinguibili 19 massimi di interferenza adiacenti, posti alla distanza di 3.0 cm l'uno dall'altro.
 - a) Determinare la distanza tra le fenditure; [$d = 127$ μm]
 - b) Stimare la larghezza delle fenditure; [$a = 12.7$ μm]
 - c) Determinare la posizione dei massimi di interferenza del primo ordine e dei minimi di diffrazione del primo ordine nel piano focale di una lente convergente, collocata a ridosso della doppia fenditura e avente focale = 30 cm. [$y_{\text{int}} = \pm 1.5$ mm, $y_{\text{dif}} = \pm 15$ mm]

- 4) Una lente biconcava L_1 è posta alla sinistra di una lente piano-convessa L_2 . Entrambe le lenti sono costituite da vetro con indice di rifrazione $n = 1,5$ e tutte le loro superfici presentano un raggio di curvatura di modulo $|R| = 20$ cm. La prima lente è posta a una distanza di 20 cm da un oggetto posto alla sua sinistra. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche, determinare:
 - a) la posizione dei fuochi delle due lenti; [$f_1 = -20$ cm, $f_2 = 40$ cm]
 - b) la posizione e la magnificazione dell'immagine quando le lenti sono poste ad una distanza di 20 cm tra loro; [$d_i = -120$ cm, $m_1 = 0.5$, $m_2 = 4$, $m_t = 2$]
 - c) la distanza alla quale devono essere poste le due lenti affinché la magnificazione complessiva del sistema ottico sia pari a -1. [$d = 50$ cm]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

19 gennaio 2012

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Un reticolo di diffrazione è largo 5 cm e presenta 5000 righe. Determinare:
 - a) la posizione angolare dei massimi del primo ordine per le lunghezze d'onda $\lambda_1 = 400$ nm e $\lambda_2 = 600$ nm: [$\theta_{11}=4.00 \cdot 10^{-2}$ rad, $\theta_{12}=6.00 \cdot 10^{-2}$ rad]
 - b) la larghezza angolare dei due massimi; [$\delta\theta_{11}=8.00 \cdot 10^{-6}$ rad, $\delta\theta_{12}=1.20 \cdot 10^{-5}$ rad,
 - c) la posizione degli stessi due massimi nel piano focale di una lente di lunghezza focale $f=50$ cm, posta a contatto della superficie del reticolo; [$y_{11}=20.0$ mm, $y_{12}=30.0$ mm]
 - d) la più piccola differenza di lunghezze d'onda che il reticolo è in grado di risolvere al primo e al secondo ordine rispetto a $\lambda_2 = 600$ nm. [$\Delta\lambda_{2,1}=0.12$ nm, $\Delta\lambda_{2,2}=0.06$ nm]

- 2) Un sistema ottico consiste di due lenti convergenti, la prima bi-convessa e la seconda piano-convessa. I moduli dei raggi di curvatura della prima lente sono entrambi $|R_1| = 20$ cm, mentre quello della seconda lente è $|R_2| = 10$ cm. Il materiale delle lenti ha indice di rifrazione $n = 1.5$. Sapendo che un piccolo oggetto reale è posto a 10 cm dalla prima lente e che il sistema ottico formato dalle due lenti forma un'immagine reale alla distanza di 30 cm dalla seconda lente, calcolare:
 - a) le distanze focali f_1 e f_2 di ciascuna delle due lenti; [$f_{11}=f_{21}=20$ cm; $f_{12}=f_{22}=20$ cm]
 - b) la distanza tra le due lenti che formano il sistema ottico; [$d=40$ cm]
 - c) la magnificazione trasversale del sistema di lenti. [$m_1 = 2$, $m_2 = -0.5$, $m_{totale} = -1$]Costruire graficamente l'immagine utilizzando per entrambe le lenti tutti e tre i raggi di cui è immediatamente noto il percorso senza dover fare conti.

- 3) La corda di un violino, lunga $L = 40$ cm e di massa $M = 2.5$ g, è accordata sul "la3", con fondamentale a 220 Hz. Calcolare:
 - a) la tensione applicata alla corda; [$T=194$ N]
 - b) la lunghezza d'onda in aria delle prime 3 armoniche, supponendo di sonare il violino alla temperatura esterna di 0 °C; [$\lambda_1=1.50$ m, $\lambda_2=0.75$ m, $\lambda_3=0.50$ m]
 - c) l'intensità e l'ampiezza dell'onda di pressione alla distanza di un ascoltatore che percepisce un livello sonoro pari a 70 dB. Si supponga che tutta la potenza trasportata dall'onda sia associata al modo fondamentale e che la densità dell'aria sia $\rho_0 = 1.29$ kg/m³. [$I=10^{-5}$ W/m², $\delta p_m=92 \cdot 10^{-3}$ Pa]

- 4) Un oscillatore armonico si muove, senza smorzamento, sul piano orizzontale ed è formato da una molla di costante elastica $k = 100$ N/m a cui è collegata una massa $M = 10$ g. Sapendo che all'istante $t=0$ tutta l'energia è cinetica, la massa si muove verso le x positive e l'ampiezza dell'oscillazione è pari a 10 cm determinare:
 - a) la velocità della massa all'istante iniziale; [$v_m=10$ m/s]
 - b) l'equazione del moto e la legge oraria, indicando il valore di tutte le grandezze che in esse compaiono; [$\ddot{x}(t) + \omega^2 x(t) = 0$; $x(t) = x_m \sin(\omega t)$; $\omega = 100$ rad/s ; $x_m = 10$ cm]
 - c) la posizione della massa e la sua velocità all'istante $t = 1.32$ s, esprimendole con almeno due cifre significative. [$x(1.32) = 5.31$ mm]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

21 settembre 2011

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Uno strato antiriflesso sottile in fluoruro di magnesio ($n=1,38$) è depositato su una lastra di vetro crown ($n=1,52$). Lo strato viene illuminato perpendicolarmente con luce monocromatica di lunghezza d'onda pari a 532 nm.
 - a) Determinare lo spessore minimo dello strato affinché la luce riflessa dalla sua superficie superiore a contatto con l'aria interferisca distruttivamente con quella riflessa all'interfaccia strato antiriflesso-vetro; [96,4 nm]
 - b) Determinare l'intensità luminosa, normalizzata all'intensità incidente, riflessa complessivamente dallo strato antiriflesso; [1.25%]

- 2) Una sirena di massa $M = 1,00$ kg è sospesa ad una molla ed oscilla verticalmente senza attenuazione lungo l'asse y compiendo 2,00 oscillazioni al secondo. Lo spostamento iniziale dalla posizione di equilibrio è di 1,00m e la velocità iniziale è di 10,0 m/s. La frequenza emessa dalla sirena è pari a 440 Hz e la temperatura dell'aria è 20°C. Indicando i valori di tutte le costanti che compaiono nelle espressioni, si determino:
 - a) l'equazione differenziale che regge il moto; [$M\ddot{y} + ky = 0$, $k=158$ N/m]
 - b) l'ampiezza e la fase del moto oscillatorio; [1,28m, 0.89 rad]
 - c) la frequenza massima e la frequenza minima della sirena percepite da un ascoltatore fermo posto al di sotto di essa; [462 Hz, 420 Hz]

- 3) Una galleria rettilinea amplifica molto i suoni di frequenza 85 e 90 Hz, ma non le frequenze intermedie. La temperatura dell'aria nella galleria è pari a 0°C. Si determinino
 - a) la frequenza fondamentale della galleria; [5 Hz]
 - b) la lunghezza della galleria; [33,1 m]
 - c) la funzione d'onda di una delle due onde stazionarie a piacere, indicando i valori di tutte le costanti che compaiono nell'espressione (si ipotizzi un'ampiezza dell'onda pari a 10^{-6} m); [$y(z,t) = y_0 \sin(kz) \cos(\omega t)$, $y_0 = 10^{-6}$ m, $k=1,62$ m⁻¹, $\omega=534$ rad/s]

- 4) Uno specchio ustorio concavo con un raggio di curvatura $|R|=200$ m viene utilizzato per concentrare la luce proveniente dal Sole sulle vele delle navi nemiche. Il Sole ha un diametro di 1.39×10^9 m e la sua distanza dalla Terra è pari a 1.52×10^{11} m. L'intensità luminosa della luce solare sulla superficie terrestre è di circa 1300 W/m^2 , mentre l'intensità necessaria per dare fuoco alle vele è di circa $1.7 \times 10^5 \text{ W/m}^2$.
 - a) Accompagnando la soluzione del problema con la relativa costruzione grafica, determinare la lunghezza focale dello specchio, la posizione in cui si forma l'immagine del Sole, le dimensioni di tale immagine e la magnificazione; [$f=100$ m, immagine nel piano focale, 0,914 m]
 - b) Stimare il diametro minimo dello specchio affinché la vela prenda effettivamente fuoco. Indicare quanto è plausibile che uno specchio di questo tipo sia stato effettivamente utilizzato per scopi bellici; [10,25m]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

7 settembre 2011

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Un reticolo è formato da 10 fenditure, ognuna di larghezza $a=4 \mu\text{m}$, poste a una distanza $d=2.0 \cdot 10^{-5} \text{ m}$ l'una dall'altra. Il sistema di fenditure viene illuminato con luce monocromatica di lunghezza d'onda 500 nm e uno schermo è posto a una distanza $D=3.0 \text{ m}$ dal piano nel quale giacciono le fenditure. Si determinino:
 - a) Il numero di frange di interferenza visibili nel picco centrale di diffrazione; [$N_{\text{int}} = 9$]
 - b) La larghezza sullo schermo, in radianti e in mm, del massimo centrale di diffrazione; [$\Delta\theta=0.25 \text{ rad}$, $\Delta y=756 \text{ mm}$]
 - c) La distanza sullo schermo dei massimi di interferenza del primo ordine rispetto al centro della figura e la loro semilarghezza, in radianti e in mm; [$\theta_{\pm 1} = \pm 25 \text{ mrad}$, $\delta\theta_{\pm 1} = 2.5 \text{ mrad}$; $y_{\pm 1} = \pm 75 \text{ mm}$, $\delta y_{\pm 1} = 7.5 \text{ mm}$]
 - d) Le lunghezze d'onda più prossime a 500 nm che possono essere risolte al secondo ordine dal reticolo. [$\lambda_1=475 \text{ nm}$, $\lambda_2=525 \text{ nm}$]

- 2) Una massa $M = 1.000 \text{ kg}$ è sospesa ad una molla di costante elastica $k = 100.0 \text{ N/m}$ ed oscilla verticalmente lungo l'asse y con un moto la cui ampiezza diminuisce del 20.0% in 10.0 s. Sapendo che all'istante iniziale la massa si muove verso il basso, che la sua energia cinetica $K(0)$ è massima ed è pari a 2.00 J, si determini:
 - a) l'equazione differenziale che regge il moto, calcolando i valori di tutte le grandezze che vi compaiono; [$M\ddot{y} + b\dot{y} + ky = 0$, $M=1.000 \text{ kg}$, $b=4.5 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$, $k=100 \text{ N/m}$]
 - b) la legge oraria, $y = y(t)$, che descrive il movimento della massa, sempre calcolando i valori di tutte le grandezze che vi compaiono; [con y verso l'alto: $y(t) = -y_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t) = y_m e^{-\gamma t} \sin(\omega t \pm \pi)$, $\omega = \omega_0 = 10 \text{ s}^{-1}$, $\gamma = 2.2 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$, $y_m = 20 \text{ cm}$]
 - c) la posizione e la velocità della massa all'istante $t = 5.00 \text{ s}$, indicando e giustificando le cifre significative del risultato. [$y(5\text{s}) = 4.7 \text{ cm}$, $y'(5\text{s}) = -1.73 \text{ m/s}$]
 - d) la posizione y_0 di riposo dell'estremo della molla, nello stesso sistema di riferimento utilizzato precedentemente, qualora si sconnetta la massa sospesa. [$y_0 = 9.8 \text{ cm}$]

- 3) Una canna d'organo, che opera alla temperatura ambiente di $20 \text{ }^\circ\text{C}$, è accordata per emettere sull'armonica fondamentale una frequenza pari 110 Hz (1a2). Sapendo che tra le armoniche emesse dalla canna esiste anche il 1a4 (440 Hz), determinare:
 - a) la lunghezza della canna giustificando la risposta; [aperta/aperta, $v=343 \text{ m/s}$, $\lambda=3.12 \text{ m}$, $L=1.56 \text{ m}$]
 - b) il livello sonoro percepito da un ascoltatore a 20 m, sapendo che la potenza è emessa in un angolo solido di 2π steradiani ed è pari a 0.50 W; [83 dB]
 - c) l'ampiezza dell'onda di pressione alla distanza dell'ascoltatore. [$\delta p_m = 0.42 \text{ Pa}$]

- 4) Un diottro di lunghezza $L=10 \text{ cm}$ è limitato, lungo l'asse ottico, da due superfici sferiche con $|R|=1 \text{ cm}$ e centri giacenti, in entrambi i casi, all'interno del diottro. L'indice di rifrazione del materiale di cui è fatto il diottro è $n = 1.5$ e l'esperimento viene effettuato in aria. Determinare, graficamente e numericamente:
 - a) la posizione dei fuochi delle due superfici diottriche;
 - b) la posizione, la natura e la magnificazione dell'immagine formata da un piccolo oggetto posto sull'asse ottico del diottro, a 4 cm dalla prima superficie sferica. [$d_i = 8 \text{ cm}$, reale, $m_i = (-1) \cdot (-3) = 3$]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

21 luglio 2010

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Una sirena emette un'onda acustica di frequenza 400 Hz e potenza 1.0 W entro un angolo solido di $\pi/4$ steradiani. Un ascoltatore si trova a una distanza R ignota dalla sorgente. Avvicinandosi di 100 m alla sorgente l'ascoltatore rileva un incremento di intensità di 5 dB. Trascurando l'attenuazione per assorbimento dell'aria e assumendo che la temperatura dell'aria sia 20 °C, si determini:
 - a) la distanza R dell'ascoltatore dalla sorgente; [R = 228 m]
 - b) il livello sonoro percepito dall'ascoltatore alla distanza R; [L(R) = 73.9 dB]
 - c) il livello sonoro percepito alla distanza R dalla sorgente nel caso in cui l'ascoltatore si stia avvicinando ad essa con una velocità di 200 km/h. [L'(R) = (73.9 + 0.65) dB = 74.5 dB]
- 2) Quattro fenditure, ognuna di larghezza 40 micron, sono poste a una distanza di 400 micron l'una dall'altra. Il sistema di fenditure viene illuminato con luce monocromatica di lunghezza d'onda 633 nm. Uno schermo è posto a una distanza di 5.0 m dal piano nel quale giacciono le fenditure. Si determinino:
 - a) l'ordine minimo delle frange di interferenza che risultano essere assenti nella distribuzione di intensità sullo schermo; [m = ±10]
 - b) la distanza sullo schermo dei massimi di interferenza del primo ordine rispetto al centro della figura di interferenza e la loro semilarghezza angolare; [y₁ = 7.9 mm, y₋₁ = -7.9 mm, δθ₁ = δθ₋₁ = 4 · 10⁻⁴ rad]
 - c) la lunghezza d'onda nel visibile più prossima a 633 nm che può essere risolta al primo ordine. [λ₁ = 475 nm, λ₂ = 791 nm non è visibile]
- 3) Una molla di costante elastica k₁ = 600 N/m è vincolata a un estremo. All'estremo libero della molla è attaccata una massa m = 6.0 kg. All'istante iniziale la velocità della massa è massima ed è pari a 2.0 m/s. Dopo 100 periodi di oscillazione si osserva che la velocità si è ridotta al 3% del valore iniziale. Trascurando la forza di gravità si determini:
 - a) l'equazione differenziale che regge il moto, calcolando i valori di tutte le grandezze che vi compaiono; [m $\ddot{x} + b\dot{x} + kx = 0$ ovvero $\ddot{x} + 2\gamma\dot{x} + \omega_0^2 x = 0$ dove: m = 6.0 kg, k = k₁ = 600 N/m, $\gamma = 5.6 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$, $\omega_0 = \omega = 10 \text{ rad/s}$, b = 0.67 kg/s]
 - b) la legge oraria, x = x(t), che descrive il movimento della massa, sempre calcolando i valori di tutte le grandezze che vi compaiono; [x(t) = x_m e^{-γt} sin(ωt) con: x_m = 0.20 m e ω = ω₀ = 10 rad/s]
 - c) come si modificano le soluzioni precedenti se alla molla k₁ viene collegata in serie una molla di costante elastica k₂ = 400 N/m, all'estremo libero della quale viene attaccata la massa. [k = k_{eq} = 240 N/m, ω = ω₀ = 6.32 rad/s, γ = 3.5 · 10⁻² s⁻¹. b = 0.42 kg/s, x_m = 0.32 m]
- 4) Un sistema ottico è formato da una lente L₁ biconcava posta alla sinistra di una lente L₂ biconvessa. Entrambe le lenti sono simmetriche. Per la lente L₁ si ha |R⁽¹⁾| = 10.0 cm, mentre per L₂ si ha |R⁽²⁾| = 20.0 cm. Le lenti sono realizzate in vetro con n_v = 1.50. A una distanza di 10 cm a sinistra della lente L₁ è posto un piccolo oggetto. Accompagnando la soluzione con le relative costruzioni grafiche determinare:
 - a) la posizione dei fuochi delle due lenti; [f₁⁽¹⁾ = f₂⁽¹⁾ = -10 cm ; f₁⁽²⁾ = f₂⁽²⁾ = 20 cm]
 - b) la distanza dalla lente L₂ e la magnificazione complessiva dell'immagine formata dal sistema ottico quando la distanza tra le due lenti è pari a 55 cm; [d_i⁽²⁾ = 30 cm ; m_T = 1/2 · (-1/2) = -1/4]
 - c) la distanza tra le due lenti alla quale la magnificazione complessiva è pari a 2. [d = 10 cm]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

7 luglio 2011

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Una canna d'organo è accordata per emettere sull'armonica fondamentale una frequenza pari 220 Hz (la3). Sapendo che tra le armoniche emessa dalla canna esiste anche il la5 a 880 Hz, e che la temperatura dell'aria è di 20° C, determinare:
 - a) la lunghezza della canna; giustificando la risposta; [$L = 0.78$ m]
 - b) il livello sonoro percepito da un ascoltatore a 20 m, sapendo che la potenza è emessa in un angolo solido di 2π ed è pari a 100 mW; [$I = 4.0 \cdot 10^{-5}$ W/m², $L = 76.0$ dB]
 - c) l'ampiezza delle onde di pressione e di spostamento alla distanza dell'ascoltatore. [$\delta p_m = 0.19$ Pa, $s_m = 0.31$ μ m]
- 2) Un reticolo di diffrazione a trasmissione è largo 2.0 cm e contiene 5000 fenditure. Sapendo che utilizzando una lunghezza d'onda pari a 600 nm, su uno schermo posto alla distanza di 2.0 m si osservano 7 picchi di interferenza nel massimo centrale di diffrazione, determinare:
 - a) la distanza tra le fenditure e stimare la loro larghezza; [$d = 4$ μ m, $a = 1$ μ m]
 - b) la posizione sullo schermo del 2° massimo di interferenza e la sua ampiezza angolare; [$\theta_2 = 0.305$ rad = 17.46°, $\delta\theta_2 = 3.15 \cdot 10^{-5}$ rad]
 - c) le lunghezze d'onda più prossime a 600nm risolubili con il reticolo al 3° ordine; [$\lambda_1 = 599.96$ nm, $\lambda_2 = 600.04$ nm]
 - d) l'intensità, relativa al massimo centrale, del picco del 3° ordine. [$I_0/I_3 = 9.0\%$, 7.2% con fatt. geom.]
- 3) Un pattino di massa pari a 4 kg compie un moto di oscillazione, strisciando senza attrito su una rotaia rettilinea orizzontale sotto l'azione di due molle contrapposte, disposte parallelamente alla rotaia. Sapendo che: le costanti elastiche delle molle sono $k_1 = 150$ N/m e $k_2 = 300$ N/m, all'istante iniziale l'energia potenziale del sistema è massima e la posizione del centro di massa rispetto alla posizione di equilibrio è $x(0) = 20$ cm, determinare:
 - a) il valore massimo della velocità del centro di massa; [$v_m = 1$ m/s, $\omega_0 = 5$ rad/s]
 - b) l'equazione differenziale che regge il moto, calcolando i valori di tutte le grandezze che vi compaiono; [$m\ddot{x} + kx = 0$ ovvero $\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0$, $k = 100$ N/m]
 - c) la legge oraria, $x = x(t)$, che descrive il movimento della massa, sempre calcolando i valori di tutte le grandezze che vi compaiono; [$x(t) = x_m \cos(\omega_0 t)$, $x_m = 20$ cm]
 - d) supponendo ora che il corpo sia un cilindro che rotola senza strisciare e che le due molle siano collegate perpendicolarmente al suo asse di rotazione (coordinata x del sistema), indicare come si modificano le risposte ai punti a), b) e c) dell'esercizio. [tutto uguale con $m_{eq} = 3/2 m = 6$ kg. Gli altri parametri che variano sono: $v_m = 0.816$ m/s e $\omega_0 = 4.08$ rad/s. Le equazione, x_m e k restano gli stessi]
- 4) Un sistema ottico è formato da due lenti uguali, bi-convesse e simmetriche, con $|R| = 15.0$ cm. Le lenti sono realizzate con un vetro con $n_v = 1.50$ e la distanza tra le lenti è pari a 60 cm. Sapendo che il sistema viene operato in aria ($n_{ar} = 1.00$) e accompagnando la soluzione con la relativa costruzione grafica determinare:
 - a) la posizione dei fuochi delle due lenti: [$f_1^{(1)} = f_2^{(1)} = f_1^{(2)} = f_2^{(2)} = 15$ cm],
 - b) la posizione, rispetto alla seconda lente, dell'immagine di un piccolo oggetto posto a 30 cm dalla prima lente e il suo ingrandimento; [$d_i = 30$ cm, $m = -1 \times (-1) = 1$]Supponendo ora di riempire d'acqua lo spazio tra le due lenti ($n_a = 4/3$), determinare come sopra:
 - c) la posizione dei nuovi fuochi; [$f_1^{(1)} = 22.5$ cm, $f_2^{(1)} = 30$ cm, $f_1^{(2)} = 30$ cm, $f_2^{(2)} = 22.5$ cm]
 - d) la posizione dell'immagine e l'ingrandimento, dello stesso oggetto. [$d_i = 15$ cm, $m = (-3) \times 1/3 = -1$]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

23 giugno 2011

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. Due corde identiche, aventi la stessa lunghezza, sono vincolate ai loro estremi. La tensione della seconda corda è dell'1% maggiore di quella della prima. La frequenza di oscillazione fondamentale della prima corda è di 440 Hz. Il livello sonoro a 2,0 m di distanza dalle corde è pari a 40 dB e la temperatura dell'aria è pari a 0°C. Si determinino:
 - a. le lunghezze d'onda delle onde acustiche emesse dalle due corde quando vibrano alla loro frequenza fondamentale; [$\lambda_1=0.752$ m , $\lambda_2=0.748$ m]
 - b. le frequenze di battimento tra le onde emesse dalle due corde sulla fondamentale e sulle successive due armoniche; [$\nu_{b1}=2.2$ Hz, $\nu_{b2}=4.4$ Hz, $\nu_{b3}=6.6$ Hz]
 - c. la distanza alla quale il suono emesso dalle corde risulta appena percettibile. [200 m]
2. Una molla pende liberamente dal soffitto. Un corpo di massa m viene collegato all'estremo libero della molla e viene lasciato andare. Il corpo cade, compiendo delle oscillazioni armoniche la cui escursione dal punto superiore a quello inferiore è inizialmente pari a 49 cm. Dopo 100 oscillazioni complete l'escursione è pari a 17 cm. Sulla base dei dati:
 - a. determinare il periodo di oscillazione del corpo; [0.994 s = 1.0 s]
 - b. determinare la frazione di energia persa ad ogni ciclo di oscillazione; [2.1 %]
 - c. scrivere l'equazione di moto del sistema (indicare i valore dei parametri);
[$y(t)=y_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t)$ con: $y_m=24.5$ cm, $\gamma=1.07 \cdot 10^{-2} \text{ s}^{-1}$, $\omega=6.32 \text{ s}^{-1}$]
 - d. esprimere la velocità del corpo in funzione del tempo (indicare i valori dei parametri).
[$y'(t) = -y_m \omega e^{-\gamma t} \sin(\omega t) - \gamma y_m e^{-\gamma t} \cos(\omega t)$]
3. Una fenditura di larghezza 0,050 mm è illuminata con due onde piane incidenti perpendicolarmente ad essa. Le due onde hanno la stessa intensità e lunghezza d'onda λ_1 e λ_2 . Su uno schermo a distanza 5,0 m si osserva che la larghezza del massimo centrale relativo a λ_2 è doppia rispetto a quella relativa a λ_1 . Inoltre, la differenza tra la posizione dei minimi del primo ordine è di 3,8 cm
 - a. determinare le lunghezze d'onda delle due onde; [$\lambda_1 = 380$ nm, $\lambda_2 = 760$ nm]
 - b. determinare il numero massimo di massimi di diffrazione potenzialmente visibili sullo schermo per ognuna delle due lunghezze d'onda [for $\theta=\pi/2$: $N_1=161$, $N_2=129$; for $L=5\text{m}$: $\theta=0.464$ rad, $N_1=121$, $N_2=59$]
 - c. determinare l'intensità luminosa, relativa a quella del massimo centrale, diffratta dalle due onde a un angolo di 45°. [$I_{45,1}^{\text{max}}/I_0 = 1/(2\alpha_1^2) = 6 \cdot 10^{-6}$, $I_{45,2}^{\text{max}}/I_0 = 1/(2\alpha_2^2) = 23 \cdot 10^{-6}$]
4. Una lente piano-concava L_1 e una lente piano-convessa L_2 sono costituite da vetro con indice di rifrazione $n=1.50$. La faccia curva di L_1 ha un raggio di curvatura $|R_1|=20$ cm, mentre quella di L_2 $|R_2|=40$ cm. Un piccolo oggetto viene posto a 20 cm di distanza alla sinistra di L_1 . Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni, si determinino:
 - a. le lunghezze focali delle due lenti; [$f^{(1)} = -40$ cm, $f^{(2)} = 80$ cm]
 - b. la posizione alla destra di L_1 alla quale deve essere posta L_2 affinché la magnificazione complessiva del sistema di lenti sia pari a 1; [$d = 13.3$ cm]
 - c. la posizione di L_2 alla destra di L_1 per la quale la magnificazione del sistema di lenti risulta essere massima, individuando anche la posizione e la magnificazione dell'immagine. [$d = 26.6$ cm, $d_o^{(2)} = 80$ cm, $d_i^{(2)} = -\infty$, $m_2 = \infty$]

2° prova scritta in itinere del corso di: **Onde e Oscillazioni** 8 giugno 2011

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. Una doppia fenditura è illuminata con luce monocromatica incidente perpendicolarmente ad essa. La separazione tra le fenditure è pari a 0,50 mm. La figura di interferenza si forma su uno schermo posto ad una distanza di 2,0 m dalle fenditure e il massimo di interferenza del primo ordine è a una distanza di 2,0 mm dal centro della figura. Nella porzione centrale della figura risultano chiaramente distinguibili 19 frange di interferenza contigue.
 - a) Determinare la lunghezza d'onda della luce. [$\lambda = 500 \text{ nm}$]
 - b) Stimare la larghezza delle fenditure. [$a = 50 \mu\text{m}$]
 - c) Tra le fenditure e lo schermo viene interposta, parallelamente allo schermo, una lastra trasparente a facce piane parallele di spessore 10 cm. In seguito a questa operazione il terzo minimo di diffrazione si sposta di 1,0 mm verso il centro della figura. Determinare l'indice di rifrazione della lastra. [$n = 1.5$]
2. Le superfici di una lastra di vetro ($n=1,52$), sono rivestite da un sottile strato antiriflesso ($n=1,30$). La luce proveniente dall'aria ($n=1,00$) presenta un minimo di intensità riflessa per $\lambda=550 \text{ nm}$. Trascurando la dipendenza dell'indice di rifrazione da λ e supponendo che la luce incida perpendicolarmente allo strato:
 - a) Determinare lo spessore minimo dello strato antiriflesso. [106 nm]
 - b) Determinare la differenza di fase tra le onde riflesse dalla prima e dalla seconda superficie dello strato per $\lambda=400\text{nm}$ e $\lambda=700 \text{ nm}$. [$\Delta\phi_1 = 4.32 \text{ rad} = 247.5^\circ$, [$\Delta\phi_2 = 2.47 \text{ rad} = 141.4^\circ$]
 - c) Determinare la frazione di l'intensità che viene riflessa complessivamente dallo strato per $\lambda=550 \text{ nm}$ e confrontarla con quella che verrebbe riflessa dalla superficie aria-vetro in assenza dello strato antiriflesso (si trascurino le riflessioni multiple). [$I_r/I_0 = 0.3 \%$, $I_{rv}/I_0 = 4.3 \%$]
3. Un reticolo di diffrazione presenta 4000 incisioni su una superficie quadrata di 10 mm di lato ed è posto a una distanza di 5,0 m da uno schermo. Il reticolo viene illuminato con luce monocromatica con $\lambda=633\text{nm}$.
 - a) Determinare quali sono le due lunghezze d'onda più prossime a $\lambda=633\text{nm}$ che il reticolo riesce a risolvere al terzo ordine. [$\lambda_1 = 632.947 \text{ nm}$, $\lambda_2 = 633.053 \text{ nm}$]
 - b) Determinare la distanza dei massimi dei primi tre ordini dal centro dello schermo. [1.309 m, 2.936 m, 5.84 m]
 - c) Stimare la semi-larghezza sullo schermo dei massimi del terzo ordine. [$\delta\theta_3 = 9,7 \cdot 10^{-5} \text{ rad} = 5,6 \cdot 10^{-3}^\circ$, $\Delta y_3 = 1.15 \text{ mm}$]
4. Una sfera di vetro ha un raggio $R=10 \text{ cm}$ e indice di rifrazione ignoto. Il vetro che compone la sfera è caratterizzato da un angolo limite di 30° per la riflessione totale interna in aria ($n=1,00$). Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche:
 - a) Determinare l'indice di rifrazione della sfera. [$n_2 = 2$]
 - b) Determinare in quale punto viene focalizzato un sottile fascio di raggi paralleli che incida perpendicolarmente alla superficie della sfera. [$f_2 = 20 \text{ cm}$]
 - c) Determinare la posizione dell'immagine formata dalla sfera quando viene attraversata dai raggi parassiali provenienti da un piccolo oggetto di altezza 1 cm posto ad una distanza di 30 cm dal suo centro. [$d_{i1} = 40 \text{ cm}$, $d_{o2} = -20 \text{ cm}$, $d_{i2} = 5 \text{ cm}$]
 - d) Determinare la magnificazione dell'immagine di cui al punto c). [$m_1 = -1$, $m_2 = 0.5$, $M_t = -0.5$]

1° prova scritta in itinere del corso di: **Onde e Oscillazioni**

19 aprile 2011

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- In presenza di gravità, una massa $M = 5.00 \text{ kg}$ è appesa ad una molla e compie un moto oscillatorio smorzato con frequenza pari a 3.00 Hz e costante di smorzamento $b = 1.00 \text{ [kg s}^{-1}\text{]}$. Sapendo che all'istante $t = 0$ la massa si muove verso l'alto con $K(0) = 100 \text{ J}$ e $U(0) = 0$, determinare:
 - Il sistema di riferimento in cui descrivere il moto e giustificarlo [$y_0 = -(Mg)/k$]
 - L'equazione del moto indicando il valore di tutti i parametri che in essa compaiono con le rispettive cifre significative. [$k = 1.78 \cdot 10^3 \text{ N/m}$]
 - La legge oraria indicando il valore di tutti i parametri che in essa compaiono con le rispettive cifre significative. [$y_m = 0,335 \text{ m}$, $\gamma = 0.100 \text{ s}^{-1}$, $\omega_0 = \omega = 18.85 \text{ s}^{-1}$, 0]
 - La posizione della massa all'istante $t = 1.3 \text{ s}$. [$y(1.3) = -0.17 \text{ m}$]
 - Il tempo t in cui l'energia del sistema è ridotta al 50%. [$t_{0,5} = 3.47 \text{ s}$]
- Un ascoltatore munito della necessaria strumentazione lascia cadere, a $t = 0$, una piccola sirena a batteria, che emette un segnale a 525 Hz , da un grattacielo alto 100 m . Sapendo che la temperatura ambiente è $20 \text{ }^\circ\text{C}$, trascurando l'attrito dell'aria e supponendo che all'impatto con il suolo la sirena smetta di funzionare si determini:
 - La frequenza più bassa percepita dall'ascoltatore [$v_{\min} = 465 \text{ Hz}$]
 - Il tempo t al quale l'ascoltatore sente il segnale interrompersi [$t = (4.52 + 0.29) \text{ s} = 4.82 \text{ s}$]
 - La distanza dal suolo della sirena nel momento in cui l'ascoltatore percepisce la frequenza di 480 Hz . [$d = 42 \text{ m}$, non 47 m che è senza ritardo, $t = (3.28 + 0.15) \text{ s} = 3.43 \text{ s}$]
- In assenza di gravità, un'onda armonica di frequenza $\nu = 200 \text{ Hz}$ si propaga, alla velocità $v = 200 \text{ m/s}$, su una corda infinita sottoposta ad una tensione di 100 N . Sapendo che nel punto $x = 0$ la densità lineare della corda cambia, la velocità di propagazione si dimezza e che l'ampiezza dell'onda incidente è pari a 1.2 cm :
 - determinare il valore della densità lineare dei due tratti di corda; [$\mu_1 = 2.5 \text{ g/m}$ e $\mu_2 = 10 \text{ g/m}$]
 - scrivere le funzioni d'onda delle tre onde (incidente, trasmessa e riflessa) indicando i valori di tutte le grandezze che in esse compaiono [$y_{m,i} = 1.2 \text{ cm}$, $y_{m,t} = 0.8 \text{ cm}$, $y_{m,r} = -0.4 \text{ cm}$, $k_1 = 6.28 \text{ m}^{-1}$, $k_2 = 12.57 \text{ m}^{-1}$, $\omega_1 = \omega_2 = 1257 \text{ s}^{-1}$, $t = 2/3$, $r = -1/3$, $T = 8/9$, $R = 1/9$]
 - calcolare la potenza media trasportata dalle onde incidente, trasmessa e riflessa. [$P_i = 56.8 \text{ W}$, $P_t = 50.5 \text{ W}$, $P_r = 6.3 \text{ W}$]
- La corda di un violoncello è lunga 70 cm , ha una massa pari a 1.20 g ed è accordata sul La_3 (220 Hz). Supponendo: i) che tutta la potenza dell'onda acustica sia emessa in un angolo solido $\Sigma = 2\pi$ e sia trasportata dal modo fondamentale, ii) che la temperatura ambiente sia $20 \text{ }^\circ\text{C}$ e sia $\rho_0 = 1.29 \text{ kg/m}^3$, iii) che un ascoltatore alla distanza di 50 m percepisca un livello sonoro di 60 dB , si determini:
 - La tensione applicata alla corda e la velocità di propagazione sulla corda [$T = 162.6 \text{ N}$, $v = 308 \text{ m/s}$]
 - La potenza media emessa dal violoncello sul La_3 [$P = 15.7 \text{ mW}$]
 - L'intensità e l'ampiezza dell'onda di pressione a 20 m dallo strumento [$I_{20\text{m}} = 6.25 \cdot 10^{-6} \text{ W/m}^2$, $\delta p_m = 74 \text{ mPa}$]
 - Si dimostri che i risultati non sono inficiati dalla tipica attenuazione del suono in aria. [- 5 dB/km in 50 m danno una variazione del 5,6% dell'intensità e del 2,9% dell'ampiezza]

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

6 settembre 2010

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Un'onda progressiva armonica propaga su una corda infinita. La corda è sottoposta ad una tensione di 400 N ed è caratterizzata da una densità lineare di 1,6 kg/m. La frequenza dell'onda è pari a 60,0 Hz e la potenza media trasportata è di 180,00 W. All'istante $t=0$ s lo spostamento della corda nell'origine è di 0,72 cm.
 - a) Determinare la lunghezza d'onda e la velocità di propagazione dell'onda.
 - b) Determinare la funzione d'onda, indicando i valori di tutti i parametri che in essa compaiono.
 - c) Determinare la funzione d'onda che sovrapposta all'onda data dà luogo a un'onda stazionaria.

- 2) Un'automobile ha una massa di 2000 kg. Le sue sospensioni si comprimono di 10 cm sotto il peso del veicolo. Inoltre, l'ampiezza di oscillazione diminuisce del 80% durante un ciclo completo di oscillazione. Assumendo che la massa dell'automobile venga sostenuta uniformemente dalle quattro ruote:
 - a) determinare la costante elastica delle sospensioni dell'automobile e la frequenza propria di oscillazione del veicolo in assenza di smorzamento;
 - b) determinare la costante di smorzamento e la frequenza di oscillazione in presenza di smorzamento.
 - c) Determinare il tempo necessario affinché l'energia di oscillazione diminuisca di un fattore 100.

- 3) Una petroliera in avaria perde kerosene ($n=1,44$) nel golfo del Messico, creando una grande chiazza sull'acqua ($n=1,34$). La chiazza ha uno spessore di 460 nm. La luce del sole la illumina perpendicolarmente.
 - a) Supponendo di osservare la chiazza da un aeroplano che vola ad alta quota sopra di essa, determinare quali lunghezze d'onda nel visibile risultano essere particolarmente evidenti nella luce riflessa.
 - b) Determinare quali altre lunghezze d'onda risultano essere particolarmente evidenti per la luce del sole trasmessa dalla chiazza ed osservata da un subacqueo che si trovi al di sotto di essa.

- 4) Un sistema ottico è formato da una lente piano-concava L1 posto alla sinistra di una lente piano-convessa L2. Le lenti hanno $|R|=10$ cm e sono fatte con un vetro con $n_v=1,5$. Un piccolo oggetto di altezza 1 mm viene posto alla sinistra della lente L1 ad una distanza di 20 cm da essa. Determinare posizione, magnificazione e natura delle immagini formate dal sistema ottico nei seguenti casi, accompagnando la soluzione con le relative costruzioni grafiche:
 - a) le lenti distano 30 cm l'una dall'altra;
 - b) le lenti distano 5,0 cm l'una dall'altra.

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

14 luglio 2010

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) In una vasca piena di un liquido con indice di rifrazione $n_l = 1.2$ viene montato un sistema ottico formato da due lenti, la prima biconvessa e la seconda biconcava. Per entrambe le lenti valgono i seguenti parametri: $|R_1| = 11.25$ cm, $|R_2| = 7.5$ cm, $n = 1.5$. Posizionando un piccolo oggetto a 36 cm alla sinistra della prima lente (lato da cui proviene la luce) e uno schermo alla sua destra, alla distanza di 45 cm:
 - a) Determinare la posizione della seconda lente in modo che l'immagine dell'oggetto, che si forma nitidamente sullo schermo, risulti ingrandita di un fattore 2 e capovolta.
 - b) Costruire graficamente l'immagine usando le proprietà dei rispettivi fuochi F_1 e F_2 .
- 2) Un'auto procede in autostrada alla velocità costante di 108 km/h mentre incrocia un'auto della polizia che viaggia sull'altra corsia con la sirena accesa. Sapendo che la temperatura esterna è di 0 °C e che le frequenze sonore percepite in avvicinamento e in allontanamento sono rispettivamente pari a 620 e 406 Hz, determinare la velocità, in km/h, dell'auto della polizia e la frequenza emessa dalla sirena.
- 3) Su una corda tesa della lunghezza di 1 m e fissata agli estremi viene eccitata un'onda stazionaria di prima armonica, di ampiezza pari a 1 cm e frequenza pari a 100 Hz. Sapendo che la densità lineare della corda è pari a 0.1 g/cm, che all'istante $t=0$ l'ampiezza dell'oscillazione è massima (e positiva) e che si smorza con costante di tempo $\tau = 1$ s, si determini:
 - a) La tensione applicata alla corda
 - b) L'equazione dell'onda stazionaria sulla corda
 - c) La legge del moto del punto centrale della corda
 - d) L'energia totale associata al sistema all'istante iniziale
 - e) Il tempo dopo il quale l'ampiezza dell'oscillazione si è ridotta di un fattore 100.
- 4) Lungo i due cammini di un interferometro di Michelson vengono introdotti due tubi identici lunghi 5 cm. Utilizzando un laser He-Ne con $\lambda_1 = 632.8$ nm, quando nel primo tubo viene fatto il vuoto e nel secondo viene introdotto un gas, a pressione atmosferica, sullo schermo compare il massimo di ordine $m_1 = 546$. Se ora si ripete l'esperimento utilizzando una seconda sorgente di lunghezza d'onda λ_2 , sullo schermo compare una frangia chiara di ordine $m_2 = 708$. Sulla base dei dati si determini:
 - a) la lunghezza d'onda della seconda radiazione utilizzata
 - b) l'indice di rifrazione, a pressione atmosferica, del gas immesso nel secondo tubo.

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

28 giugno 2010

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Una sirena emette un'onda acustica sferica con una frequenza di 110 Hz e una potenza di 1W, entro un angolo solido di 2π steradiani. Ad una certa distanza R dalla sorgente un ascoltatore fermo A rileva livello sonoro pari a 80 dB. Un ascoltatore in movimento B transita di fianco ad A, dirigendosi verso la sirena con una velocità di 108 km/h. Trascurando l'attenuazione per assorbimento dell'aria e assumendo per la velocità del suono il valore 343 m/s
 - a) Determinare la distanza R.
 - b) Determinare la frequenza percepita da B
 - c) Determinare il livello sonoro percepito da B

- 2) Una molla orizzontale di costante elastica $1,2 \times 10^5$ N/m e di massa trascurabile è fissata a un estremo. L'altro estremo è collegato ad un diaframma rigido di massa 0,12 kg, con una superficie di 10 cm^2 . Il diaframma è circondato da aria a pressione atmosferica ad una temperatura di 20° C . Il diaframma oscilla orizzontalmente senza attriti, generando un'onda acustica nell'aria. Lo spostamento massimo del diaframma al tempo $t=0$ corrisponde a 1,0 mm e la sua velocità iniziale è nulla. Assumendo che lo smorzamento del moto oscillatorio sia piccolo:
 - a) Determinare frequenza, lunghezza d'onda e velocità dell'onda acustica
 - b) Determinare la frazione di energia trasferita dal diaframma all'onda acustica durante un periodo di oscillazione
 - c) Determinare la legge oraria del moto del diaframma, indicando i valori di tutte le costanti che in essa compaiono

- 3) Una fenditura viene illuminata simultaneamente con una lunghezza d'onda di riferimento $\lambda_1=500\text{nm}$ e con una lunghezza d'onda ignota λ_2 . Le figure di diffrazione vengono proiettate su uno schermo centrato largo 2,0 m, posto a 1,0 m di distanza dalla fenditura. Le figure di diffrazione mostrano che il quarto minimo di intensità relativo a λ_1 cade in corrispondenza del quinto minimo relativo a λ_2 .
 - a) Determinare λ_2
 - b) Stimare il valore minimo dell'ampiezza della fenditura compatibile con i dati forniti nel problema
 - c) Utilizzando il valore per l'ampiezza della fenditura stimato in b) determinare la distanza sullo schermo tra i minimi di ordine due delle due figure di diffrazione.

- 4) Un sistema ottico è formato da una lente biconvessa L1 posto alla sinistra di una lente biconcava L2. Le lenti sono simmetriche e sono fatte con un vetro con $n_v=1,5$. La lente biconvessa ha $|R|=10 \text{ cm}$, mentre la biconcava $|R|=20 \text{ cm}$. Un piccolo oggetto di altezza 1 mm viene posto a sinistra di L1, ad una distanza di 30 cm da essa. Determinare posizione, magnificazione e natura delle immagini formate dal sistema ottico nei seguenti casi, accompagnando la soluzione con le relative costruzioni grafiche
 - a) Le lenti distano 40cm l'una dall'altra
 - b) Le lenti sono a contatto l'una con l'altra (distanza tra le lenti trascurabile)

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

15 giugno 2010

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Una canna d'organo aperta-chiusa ha una lunghezza pari a 1 m e viene suonata alla temperatura ambiente di 15°C . Determinare:
 - a) la frequenza fondamentale e quella delle tre armoniche successive emesse dalla canna;
 - b) la frequenza dell'armonica più alta prodotta dalla canna che può essere teoricamente udita da un ascoltatore che riesce a percepire al massimo la frequenza $\nu = 15\text{ kHz}$.
 - c) la tensione che si deve applicare ad un filo lungo 60 cm e di massa pari a 1.5 g perché sia accordato alla stessa frequenza fondamentale

- 2) Un reticolo di diffrazione a trasmissione è largo 2 cm, contiene 4000 fenditure e, con una lunghezza d'onda pari a 700 nm, si osservano 9 picchi di interferenza nel massimo centrale di diffrazione. Utilizzando il reticolo sopra descritto con uno schermo posto a 2 m e una lunghezza d'onda pari a 500 nm determinare:
 - a) la distanza tra le fenditure e la loro larghezza
 - b) la posizione sullo schermo del 3° massimo di interferenza e la sua ampiezza angolare
 - c) le due lunghezze d'onda più prossime a 500 nm che si possono risolvere utilizzando il picco del 2° ordine
 - d) l'intensità relativa al massimo centrale del picco del 3° ordine.

- 3) Un sistema oscillante orizzontalmente è formato da una massa di 1 kg collegata ad una molla con costante elastica $k=200\text{ N/m}$. Sapendo che all'istante iniziale l'energia totale del sistema è pari a 100 J, quella potenziale pari a 50 J, che $x(0)>0$, che la massa si sta muovendo verso sinistra e che dopo 50 secondi la sua energia totale si è ridotta di un fattore e , si determini, indicando il valore di tutte le grandezze che in esse compaiono:
 - a) la velocità e la posizione della massa all'istante $t=0$
 - b) l'equazione differenziale che regge il moto armonico smorzato
 - c) la legge oraria, $x=x(t)$, che descrive il movimento della massa

- 4) Un sistema ottico è formato da due lenti bi-convesse e simmetriche aventi $|R|=15\text{ cm}$ e fatte con un vetro con $n_v=1.5$. Il sistema viene operato in aria ($n_a=1$), ma lo spazio tra le due lenti è in un primo tempo anch'esso in aria e poi viene riempito con un liquido trasparente con indice di rifrazione $n_o=1.25$. Sapendo che la distanza tra le lenti è pari a 90 cm, determinare nei due casi:
 - a) la posizione dei fuochi F_1 e F_2 delle due lenti
 - b) la posizione e l'ingrandimento di un piccolo oggetto posto a 30 cm dalla prima lente
 - c) accompagnare le soluzioni precedenti con la relativa costruzione grafica

2° prova scritta in itinere del corso di: **Onde e Oscillazioni** 9 giugno 2010

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. Una vasca cilindrica completamente piena d'acqua ($n=1.33$) ha un diametro di 3.0 m. Quando il Sole al tramonto raggiunge un angolo di 10.0° sopra l'orizzonte la sua luce cessa di illuminare il fondo della vasca.
 - a) Determinare la profondità della vasca.
 - b) Dopo il tramonto viene accesa una piccola lampadina ad una profondità di 0.72 m. Determinare la profondità apparente della lampadina quando venga osservata in una direzione prossima alla normale alla superficie dell'acqua.
 - c) La luce emessa dalla lampadina emerge dalla vasca entro un cerchio luminoso localizzato sulla superficie dell'acqua. Determinare il diametro di tale cerchio.
2. Un fascio di luce, formato dalle 2 lunghezze d'onda 400 nm e 700 nm, incide perpendicolarmente su un reticolo a trasmissione quadrato di lato 4 cm formato da 2×10^4 righe. A una distanza di 200 cm dal reticolo è posto uno schermo.
 - a) Determinare la distanza sullo schermo dei massimi del prim'ordine formati dalle due lunghezze d'onda.
 - b) Determinare la larghezza angolare dei due massimi del punto a)
 - c) Determinare la più piccola differenza di lunghezza d'onda che può essere risolta al prim'ordine dal reticolo nell'intorno di ciascuna delle due lunghezze d'onda.
 - d) Commentare l'importanza della larghezza delle fenditure in questo esperimento.
3. Due fenditure distano 0.12 mm l'una dall'altra e sono poste ad una distanza di 1.2 m da uno schermo largo 1.2 m centrato rispetto alle fenditure. Le fenditure vengono illuminate con luce di lunghezza d'onda 500 nm in direzione perpendicolare al piano in cui giacciono.
 - a) Calcolare lo sfasamento delle onde provenienti dalle due fenditure che incidono sullo schermo a una distanza di 5mm dall'asse di simmetria.
 - b) Determinare il numero massimo di frange di interferenza visibili sullo schermo nell'ipotesi che le fenditure abbiano una larghezza inferiore alla lunghezza d'onda.
 - c) Supponendo invece che l'ampiezza della fenditura sia di 20 micron, determinare l'intensità relativa a quella del massimo centrale del nono picco di interferenza.
4. Una lente biconcava è realizzata con un vetro di indice di rifrazione pari a 1.5. Le sue superfici hanno un raggio di curvatura di 15 cm. La lente è posta a una distanza di 25 cm da uno specchio concavo con un raggio di curvatura di 20 cm. A metà distanza tra la lente e lo specchio è posto un piccolo oggetto di altezza 1 mm. Si determinino la posizione, la natura e la magnificazione delle due immagini dell'oggetto formate dal sistema ottico, accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche. (Nota: le immagini sono due in quanto l'oggetto emette raggi parassiali sia in direzione della lente che dello specchio. Si ricordi inoltre che la scelta tra parte reale e parte virtuale, e la conseguente posizione dei fuochi F_1 e F_2 , dipende dalla direzione da cui proviene la luce)

1° prova scritta in itinere del corso di: **Onde e Oscillazioni**

21 aprile 2010

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. Tre frequenze armoniche consecutive emesse da una canna d'organo alla temperatura di 20 °C sono rispettivamente: 385 Hz, 495 Hz e 605 Hz. Sapendo che la potenza sonora emessa dalla canna sull'armonica fondamentale è pari a 1 W ed è emessa in un angolo solido $\Sigma=\pi$ steradiani, determinare:
 - a) se la canna è del tipo aperta/aperta o aperta/chiusa;
 - b) la lunghezza della canna d'organo, la lunghezza d'onda e la frequenza dell'armonica fondamentale;
 - c) il livello sonoro, relativo alla fondamentale, percepito da un ascoltatore alla distanza di 100 m e la rispettiva ampiezza dell'onda di pressione.
2. Un'auto procede alla velocità costante di 54 km/h mentre sulla corsia opposta proviene un'auto della polizia con la sirena accesa. Sapendo che la temperatura esterna è di 28 °C e che le frequenze sonore percepite in avvicinamento e in allontanamento dal guidatore dell'auto sono rispettivamente pari a 562 Hz e 446 Hz, determinare la velocità, in km/h, dell'auto della polizia e la frequenza emessa dalla sirena.
3. Ad una molla di costante elastica $k=1000$ N/m, appesa verticalmente e in condizioni di riposo, viene agganciata una massa $M=10.00$ kg, che viene quindi lasciata libera. Trascurando la massa della molla, supponendo che la massa M venga liberata in un tempo trascurabile e sapendo che dopo 10.00 s l'ampiezza dell'oscillazione si è ridotta a 1/e di quella iniziale:
 - a) scrivere la legge oraria del moto, indicando il valore di tutti i parametri che in essa compaiono;
 - b) scrivere l'equazione di moto, indicando il valore di tutti i parametri che in essa compaiono;
 - c) determinare la posizione della massa al tempo $t=1.000$ s, giustificando le cifre significative che appaiono nel risultato.
4. In assenza di gravità, un'onda armonica con $\lambda_i = 2$ m e $\nu = 100$ Hz si propaga su una corda infinita sottoposta ad una tensione di 100 N. Sapendo che nel punto $x=0$ la densità lineare della corda passa dal valore μ_1 al valore $\mu_2 = 0.1$ [g/cm] e che l'ampiezza dell'onda incidente è pari a 1 cm:
 - a) calcolare le velocità di propagazione delle onde incidente, trasmessa e riflessa e le lunghezze d'onda ad asse associata;
 - b) scrivere le funzioni d'onda delle tre onde, indicando i valori delle grandezze che in esse compaiono;
 - c) calcolare la potenza media trasportata dalle onde incidente, trasmessa e riflessa.

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

17 febbraio 2010

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Un altoparlante ha una superficie di 500 cm^2 ed emette energia sonora con la potenza di 1W
 - a) Determinare il livello sonoro nelle immediate vicinanze dell'altoparlante
 - b) Supponendo che l'altoparlante emetta l'energia sonora uniformemente, in tutte le direzioni all'interno di una semisfera, a quale distanza il livello sonoro risulta essere pari a 20 dB?
 - c) Supponendo ora che il suono subisca inoltre un'attenuazione per assorbimento di 3 dB/km determinare il livello sonoro effettivamente percepito alla distanza valutata al punto b). Il suono risulta essere udibile?

- 2) Due granelli di polvere sono intrappolati all'interno di un diottro, costituito da una sfera di cristallo di raggio 5 cm. Un granello è posto nel centro della sfera e l'altro a metà tra il centro e la superficie. Sapendo che l'indice di rifrazione del cristallo è pari a 2.00, determinare la posizione delle immagini dei due granelli come percepita da un osservatore che osservi la sfera nella direzione della retta che congiunge i due granelli. Si accompagni la soluzione del problema con le relative costruzioni geometriche.

- 3) Una doppia fenditura è illuminata da una radiazione monocromatica di lunghezza d'onda 600 nm. Le fenditure sono separate di 0.5 mm, larghe 0.1 mm ed uno schermo è posto ad una distanza di 3 m. Calcolare:
 - a) la distanza sullo schermo tra i massimi di interferenza contigui di ordine basso.
 - b) la distanza sullo schermo tra il primo e il secondo minimo di diffrazione
 - c) l'ordine dei massimi di interferenza annullati dal primo e dal secondo minimo di diffrazione
 - d) la larghezza che dovrebbero avere le fenditure acciocché il quinto massimo di interferenza coincida con il secondo minimo di diffrazione

- 4) Un sistema oscillante è formato da un blocco collegato ad una molla, vincolata rigidamente a un muro all'altro estremo. Il sistema ha un'energia meccanica pari a 1.00 J, un'ampiezza di oscillazione di 10 cm e una velocità massima di 1.20 m/s e oscilla in assenza del campo gravitazionale.
 - a) Determinare la costante elastica della molla, la massa del blocco e la frequenza di oscillazione
 - b) Assumendo che l'istante iniziale corrisponda a quello in cui la velocità è massima, determinare l'energia cinetica e l'energia potenziale elastica dopo 19 s
 - c) Si supponga ora che sul sistema agisca anche una forza di attrito di tipo viscoso e che questa determini una diminuzione dell'ampiezza di oscillazione del 3% ad ogni ciclo. Si determini l'energia totale del sistema dopo 19 s

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

19 gennaio 2010

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Un'auto procede in autostrada alla velocità costante di 90 km/h mentre viene superata da un'auto della polizia con la sirena accesa. Sapendo che la temperatura esterna è di 0 °C e che le frequenze sonore percepite in avvicinamento e dopo il sorpasso sono rispettivamente pari a 578 e 528 Hz, determinare la velocità, in km/h, dell'auto della polizia e la frequenza emessa dalla sirena.
- 2) In una vasca piena di un liquido, con indice di rifrazione $n_1 = 1.2$, viene montato un sistema ottico formato da due lenti, la prima biconvessa e la seconda biconcava. Per entrambe le lenti valgono i seguenti parametri: $|R_1| = 7.5$ cm, $|R_2| = 5$ cm, $n = 1.5$. Posizionando un piccolo oggetto a 24 cm alla sinistra della prima lente e uno schermo alla sua destra, alla distanza di 30 cm:
 - a) Determinare la posizione della seconda lente in modo che l'immagine dell'oggetto, che si forma nitidamente sullo schermo, risulti ingrandita di un fattore 2 e capovolta.
 - b) Costruire graficamente l'immagine usando le proprietà dei rispettivi fuochi F_1 e F_2 .
 - c) Commentare il risultato ottenuto e spiegare se la soluzione è unica.
- 3) Lungo i due cammini di un interferometro di Michelson vengono introdotti due tubi identici lunghi 10 cm. Utilizzando una sorgente di lunghezza d'onda $\lambda_1 = 632.8$ nm, quando nel primo tubo viene fatto il vuoto e nel secondo viene introdotto un gas, a pressione atmosferica, sullo schermo compare il massimo di ordine $m_1 = 546$. Se ora si ripete l'esperimento utilizzando una seconda sorgente di lunghezza d'onda λ_2 , sullo schermo compare una frangia chiara di ordine $m_2 = 708$. Sulla base dei dati si determini:
 - a) la lunghezza d'onda della seconda radiazione utilizzata
 - b) l'indice di rifrazione, a pressione atmosferica, del gas immesso nel secondo tubo.
- 4) Su una corda tesa della lunghezza di 1 m e fissata agli estremi viene eccitata un'onda stazionaria di prima armonica, di ampiezza pari a 1 cm e frequenza pari a 100 Hz. Sapendo che la densità lineare della corda è pari a 0.1 g/cm, che all'istante $t=0$ l'ampiezza dell'oscillazione è massima (e positiva) e che l'energia del sistema si smorza con costante di attenuazione $\alpha = 1$ s⁻¹, si determini:
 - a) La tensione applicata alla corda
 - b) L'equazione dell'onda stazionaria sulla corda
 - c) La legge del moto del punto centrale della corda
 - d) L'energia totale associata al sistema all'istante iniziale
 - e) Il tempo dopo il quale l'ampiezza dell'oscillazione si è ridotta di un fattore 100.

Consiglio: poiché l'attenuazione è piccola, quando utile si ponga $\omega = \omega_0$ e si verifichi a posteriori la validità dell'approssimazione fatta.

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

10 settembre 2009

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Una corda di chitarra a riposo è lunga 0.73 m ed è accordata per suonare il Mi a 330Hz
 - a) A che distanza dall'estremità della corda occorre porre un tasto (e il dito) per suonare il La a 440Hz?
 - b) Qual è la lunghezza d'onda sulla corda di questa onda a 440Hz e delle sue prime tre armoniche?
 - c) Quali sono la lunghezza d'onda e la frequenza dell'onda sonora prodotta nell'aria a 10°C di questa corda premuta col dito?

- 2) Una doppia fenditura è illuminata con luce monocromatica di lunghezza d'onda 590nm incidente perpendicolarmente al piano delle fenditure. Le fenditure sono distanti tra loro 0.1 mm e uno schermo è posto a una distanza di 1.0m dal piano in cui giacciono le fenditure. Da ogni parte del massimo centrale si distinguono 5 frange luminose, al di là delle quali l'intensità è molto debole
 - a) Determinare il valore approssimato della larghezza delle fenditure.
 - b) Determinare la distanza sullo schermo tra i massimi delle frange luminose.

- 3) Un sistema ottico è formato da due lenti convergenti allineate. La prima lente, posta a una distanza di 7.5 cm alla destra di un oggetto, ha una distanza focale pari a 5.0 cm. La seconda lente, posta alla destra della prima, ha una focale di 10.0 cm. Uno schermo è posto a destra della seconda lente. Accompagnando la soluzione del problema con le relative costruzioni grafiche
 - a) Determinare la distanza tra l'oggetto e lo schermo nella condizione in cui il sistema ottico forma un'immagine con magnificazione +1.0
 - b) Si assuma ora di avvicinare la prima lente all'oggetto di 0.5 cm e di tenere fermi oggetto e schermo. Determinare di quanto deve essere spostata la seconda lente per continuare a vedere un'immagine sullo schermo. La soluzione del problema è unica?

- 4) Una massa oscillante di 300 g è collegata ad una molla con costante elastica $k=97$ N/m. Sapendo che all'istante $t=0$: l'energia totale è pari a 14 J, la massa passa per la posizione di equilibrio e l'energia del sistema diminuisce dello 0.7% per ciclo, calcolare:
 - a) la velocità della massa all'istante iniziale,
 - b) la legge del moto, $x=x(t)$, indicando il valore e le dimensioni di tutti i parametri;
 - c) l'energia del sistema e la velocità all'istante $t=5$ minuti.

Consiglio: poiché l'attenuazione è piccola si ponga $\omega=\omega_0$ e si verifichi a posteriori la validità dell'approssimazione fatta.

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

9 luglio 2009

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Una doppia fenditura viene illuminata con luce monocromatica di lunghezza d'onda $\lambda=543$ nm. Su uno schermo posto ad una distanza di 0.7 m dalla doppia fenditura e centrato rispetto ad essa si osserva che:
- nella banda centrale di diffrazione sono visibili 9 massimi di interferenza,
 - la distanza tra i primi due massimi di interferenza è di 22 mm,
 - il terzo minimo di diffrazione coincide con il bordo dello schermo.

Sulla base dei dati sperimentali si calcoli:

- a) la separazione delle fenditure,
 - b) la larghezza della singola fenditura
 - c) la larghezza complessiva dello schermo.
- 2) Una corda di uno strumento musicale emette, se pizzicata, una frequenza di 4° armonica pari a 880 Hz. Sapendo che la corda è lunga 1 m e ha una densità lineare di 1 g/m, determinare:
- a) la tensione alla quale è sottoposta la corda.
 - b) la lunghezza d'onda dell'armonica fondamentale che propaga in aria alla temperatura di 0 °C.
 - c) il livello sonoro percepito a 20 m, sapendo che la potenza è emessa in un angolo solido di 2π steradiani ed è pari a 100 mW.
- 3) Un sistema ottico è formato da due lenti, con indice di rifrazione $n=1.5$, poste alla distanza di 10 cm. La prima lente è bi-concava e simmetrica, con $|R|=20$ cm, la seconda è piano-convessa, con $|R|=15$ cm. Ponendo un piccolo oggetto alla distanza di 20 cm dalla prima lente e supponendo di effettuare l'esperimento prima in aria ($n=1$) e poi in acqua ($n=1.33$), per entrambi i casi:
- a) si calcoli la posizione dell'immagine formata dal sistema ottico e l'ingrandimento trasversale, indicando anche la natura dell'immagine;
 - b) si tracci graficamente l'immagine formata dal sistema ottico.
- 4) Una massa oscillante di 200 g è collegata ad una molla con costante elastica $k=80$ N/m. Sapendo che all'istante $t=0$: l'energia totale è pari a 10 J, l'energia cinetica è nulla e l'energia del sistema diminuisce dell' 1% per ciclo, calcolare:
- a) la posizione della massa all'istante iniziale,
 - b) la legge del moto, $x=x(t)$, indicando il valore e le dimensioni di tutti i parametri;
 - c) l'energia del sistema e l'ampiezza dell'oscillazione all'istante $t=1$ minuto.

Consiglio: poiché l'attenuazione è piccola si ponga $\omega=\omega_0$ e si verifichi a posteriori la validità dell'approssimazione fatta.

Prova scritta del corso di **Onde e Oscillazioni**

16 giugno 2009

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Accordando un pianoforte sulla nota Do a 523 Hz un accordatore ode 2 battimenti al secondo fra un oscillatore di riferimento e la corda
 - a) Determinare le frequenze possibili di vibrazione della corda
 - b) Tendendo leggermente la corda si odono 3 battimenti/s. Determinare la frequenza di oscillazione della corda in questa configurazione
 - c) Determinare di quanto dovrebbe variare percentualmente la tensione della corda di cui al punto b) per ottenere l'accordo

- 2) Una doppia fenditura è illuminata con luce monocromatica incidente perpendicolarmente ad essa. La separazione tra le fenditure è 0.50mm. La figura di interferenza si forma su uno schermo a una distanza di 3.30 m e il massimo del primo ordine è ad una distanza di 3.4mm dal centro della figura
 - a) Determinare la lunghezza d'onda della luce
 - b) Sapendo che entro il massimo principale di diffrazione risultano chiaramente distinguibili 41 massimi di interferenza, si stimi la larghezza delle fenditure.
 - c) Determinare la posizione sullo schermo del massimo di interferenza del primo ordine nel caso in cui tutta la regione di spazio compresa tra le fenditure e lo schermo sia piena d'acqua ($n_{\text{acqua}} = 1.33$).

- 3) Una sorgente emette un'onda acustica sferica entro un angolo solido pari a 2π steradiani. A una certa distanza R dalla sorgente un osservatore rileva livello sonoro pari a 112dB. Avvicinandosi di 5.70 m alla sorgente l'osservatore rileva un livello sonoro pari a 117dB.
 - a) Si determini la potenza della sorgente e la distanza R dall'osservatore.
 - b) Tenendo conto dell'attenuazione per assorbimento dell'aria (3dB/km), si determini il livello sonoro percepito ad una distanza di 5 km dalla sorgente.

- 4) Un oggetto di altezza 2.00 cm è posto a una distanza di 40 cm sulla sinistra di una lente L1 convergente di lunghezza focale 30.0 cm. Una seconda lente L2 è posta sulla destra della prima a una distanza di 150 cm. Determinare la posizione, la natura e la magnificazione dell'immagine finale nelle seguenti condizioni, accompagnando le soluzioni con le relative costruzioni:
 - a) La lente L2 è divergente con una focale pari a -20.0cm
 - b) La lente L2 è convergente con una focale pari a 20.0cm

II^a prova scritta in itinere del corso di: **Onde e Oscillazioni**

10 giugno 2009

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

- 1) Una fenditura viene illuminata con luce monocromatica di lunghezza d'onda $\lambda=640\text{nm}$. La figura di diffrazione, proiettata al centro di uno schermo largo 3 m e posto a una distanza di 3 m da essa, presenta due minimi adiacenti posti rispettivamente a una distanza di 11,2 cm e 14,0 cm dal massimo centrale .
 - a) Si determini la larghezza della fenditura e l'ordine dei due minimi summenzionati.
 - b) Si determini il numero totale di frange luminose teoricamente osservabili sull'intera larghezza dello schermo .

- 2) Una sottile macchia d'olio ($n_{\text{olio}} = 1.45$) galleggia sulla superficie di un recipiente pieno d'acqua ($n_{\text{acqua}} = 1.33$). Utilizzando una sorgente che permetta di variare la lunghezza d'onda della luce monocromatica con continuità, si osserva, per incidenza normale alla superficie, un minimo di riflettività (interferenza distruttiva) per le due lunghezze d'onda consecutive $\lambda_1 = 480 \text{ nm}$ e $\lambda_2 = 560 \text{ nm}$. La luce incidente sull'olio propaga in aria ($n_{\text{aria}} = 1.00$). Sulla base dei dati:
 - a) Calcolare lo spessore della macchia d'olio
 - b) Utilizzando i coefficienti di Fresnel stimare il rapporto tra l'intensità dell'onda riflessa misurata e quella dell'onda incidente in condizioni di interferenza distruttiva, (si trascurino le eventuali riflessioni multiple)

- 3) Un reticolo di diffrazione ha una lunghezza $L = 2 \text{ cm}$ e una larghezza delle fenditure di $5 \mu\text{m}$. Assumendo che il minimo valore della distanza tra le fenditure sia $d = 10 \mu\text{m}$ e che detta distanza possa essere variata a passi di $10 \mu\text{m}$ per volta, si determini:
 - a) il numero minimo di fenditure N_{min} , del reticolo per poter distinguere le due lunghezze d'onda contigue prodotte da una lampada a vapori di sodio (rispettivamente $\lambda_1 = 589.0 \text{ nm}$ e $\lambda_2 = 589.7 \text{ nm}$) utilizzando i massimi del primo ordine.
 - b) il numero delle frange contenute nel massimo centrale di diffrazione del reticolo determinato al punto a).
 - c) il potere risolutivo massimo del reticolo utilizzando una qualunque delle frange del massimo centrale

- 4) Un piccolo oggetto è posto a una distanza 60 cm da una lente convergente L1 di lunghezza focale 40cm. L'oggetto è posto alla sinistra della lente L1. Alla destra di L1, ad una distanza di 210cm , è posta un'altra lente convergente L2 di lunghezza focale 30cm. Le lenti sono costituite da vetro con indice di rifrazione $n_{\text{vetro}} = 1.50$. Determinare la posizione, la natura e la magnificazione dell'immagine formata dal sistema ottico nelle seguenti due condizioni, accompagnando le soluzioni con le relative costruzioni:
 - a) Il sistema ottico è immerso in aria ($n_{\text{aria}} = 1.00$)
 - b) Il sistema ottico è immerso in acqua ($n_{\text{acqua}} = 1.33$)

1° prova scritta in itinere del corso di: **Onde e Oscillazioni**

22 aprile 2009

Docenti: *Carlo Pagani e Alberto Vailati*

1. Un osservatore fermo ai bordi di un rettilineo sente il suono della sirena di un'auto della polizia che passa a velocità costante. Mentre l'auto si avvicina la frequenza percepita è $v_1=538.6$ Hz, quando si allontana è $v_2=466.6$ Hz.
 - a) Calcolare la frequenza del suono emesso dalla sirena e la velocità dell'auto in chilometri all'ora, sapendo che la temperatura dell'aria è di 30°C .
 - b) Supponendo che la frequenza emessa dalla sirena e la velocità dell'auto siano sempre le stesse, calcolare i valori delle due frequenze che percepirebbe l'osservatore alla temperatura di 0°C .
2. Un'onda armonica con $\omega=200$ rad/s si propaga su una corda infinita sottoposta ad una tensione di 100N. Sapendo che nel punto $x=0$ la densità lineare della corda aumenta di un fattore 9, che l'onda trasmessa ha la potenza media di 3 W e che l'ampiezza dell'onda incidente è pari a 1 cm:
 - a) calcolare la potenza media trasportata dall'onda incidente e riflessa;
 - b) calcolare la velocità di propagazione delle onde incidente, trasmessa e riflessa e la lunghezza d'onda ad asse associata;
 - c) scrivere le funzioni d'onda delle tre onde, indicando i valori delle grandezze che in esse compaiono.
3. Una canna d'organo emette sulla sua terza armonica una frequenza pari a 660 Hz alla temperatura di 20°C .
 - a) Determinare la lunghezza della canna d'organo nei due casi: aperta/aperta e aperta/chiusa;
 - b) determinare il valore delle tre armoniche successive alla terza che vengono emesse dalle due canne, aperta/aperta e aperta/chiusa;
 - c) supponendo che la potenza emessa dalla canna sull'armonica fondamentale sia pari a 0.5 W e che l'emissione avvenga in un angolo solido di π steradiani, si calcoli il livello sonoro percepito da un osservatore alla distanza di 100 m.
4. Un corpo di massa $m=500$ g oscilla lungo l'asse x , attorno all'origine, sotto l'azione di una forza elastica $F_e=-kx$, con $k=32\text{N/m}$, Sapendo che all'istante $t=0$ il corpo passa dal punto $x=0$ con velocità $v=-4$ m/s
 - a) si scriva la legge oraria, $x=x(t)$, indicando il valore delle grandezze che in essa compaiono.
 - b) Si assuma ora che sul corpo agisca anche una forza resistente di tipo viscoso $F_r=-b\dot{x}$, con $b=0.034$ Ns/m. Si scriva anche in questo caso la legge oraria, indicando il valore delle grandezze che in essa compaiono.
 - c) Si calcoli l'energia totale dell'oscillatore smorzato all'istante $t=5$ s.

Prova scritta di Fisica 3 del 20 gennaio 2009

Carlo Pagani e Alberto Vailati

1. Un'onda piana luminosa monocromatica propagante in aria incide perpendicolarmente su una lamina sottile di olio di spessore uniforme che copre una lastra di vetro. L'indice di rifrazione dell'aria è pari a 1,0003, quello dell'olio a 1,32 e quello del vetro a 1,5. La lunghezza d'onda della sorgente può essere variata in modo continuo. Nel fascio riflesso si osserva interferenza completamente distruttiva per le lunghezze d'onda di 485 e 679 nm e non la si osserva per tutti i valori compresi entro tale intervallo. Si determinino:
 - a) lo spessore della lamina d'olio
 - b) le lunghezze d'onda nel visibile per le quali si ha interferenza costruttiva

2. Una corda orizzontale di massa pari a 24 g e lunghezza pari a 2 m è sottoposta ad una tensione di 592 N. Un'estremità della corda viene fatta oscillare verticalmente con un'ampiezza di oscillazione pari a 1,14 cm. Il moto dell'estremità è continuo e viene ripetuto 120 volte al secondo. Si determinino:
 - a) La funzione d'onda che descrive l'onda progressiva originata all'estremità oscillante
 - b) Il valore massimo del modulo della velocità trasversale della corda
 - c) Il valore massimo della componente trasversale della tensione
 - d) La potenza massima trasportata dalla corda

3. Una lente sottile forma l'immagine di un piccolo oggetto posto sul suo asse. La distanza tra oggetto e immagine lungo l'asse è pari a 40 cm. La dimensione dell'immagine è pari alla metà di quella dell'oggetto. Si determinino il tipo di lente utilizzata, la distanza tra l'oggetto e la lente e la lunghezza focale della lente nei seguenti casi, accompagnando la soluzione con le relative costruzioni grafiche:
 - a) L'immagine è capovolta e reale
 - b) L'immagine è dritta e virtuale

4. Una galleria rettilinea che attraversa una collina amplifica molto i suoni di frequenza 135 e 138 Hz. La temperatura dell'aria nella galleria è pari a 15°C. Si determinino:
 - a) La velocità del suono nella galleria
 - b) La minima lunghezza che può avere la galleria
 - c) La frequenza fondamentale della galleria

Prova scritta di Fisica 3 del 15 settembre 2008

Carlo Pagani e Alberto Vailati

- Una doppia fenditura è illuminata da una radiazione monocromatica di lunghezza d'onda 500 nm. Le fenditure sono separate di 2.5 mm, larghe 0.125 mm ed uno schermo è posto ad una distanza di 3 m. Calcolare:
 - la posizione del primo minimo di diffrazione
 - la separazione tra i massimi di interferenza.
 - la larghezza delle fenditure che, a parità di distanza, farebbe coincidere il secondo minimo di diffrazione con il 32° massimo di interferenza.
- Un sommergibile di pattuglia è fermo nell'oceano pacifico. Utilizza un sonar con una frequenza di 6 kHz. La temperatura dell'acqua è di 20 °C ($\beta = 2.2 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$). Un secondo sommergibile si avvicina alla velocità di 20 nodi (1 nodo = 1.852 km/ora). Calcolare la frequenza ricevuta dal sommergibile in avvicinamento e quella riflessa ricevuta dal sommergibile di pattuglia.
- Un piccolo oggetto di altezza 1 cm è posto a una distanza $d = 60 \text{ cm}$ da una lente divergente L1 di lunghezza focale $-d$. L'oggetto è posto alla sinistra della lente L1. Alla destra di L1, a distanza d , è posta una lente convergente L2. Determinare la posizione, la natura e la magnificazione dell'immagine formata dal sistema ottico nelle seguenti due condizioni, accompagnando le soluzioni con le relative costruzioni:
 - la focale della lente L2 è pari a d
 - la focale della lente L2 è pari a $3d$
- La corda di un violino, lunga $L = 40 \text{ cm}$ e di massa $M = 2.5 \text{ g}$, è accordata sul "la", con fondamentale a 220 Hz. Calcolare:
 - La tensione applicata alla corda
 - La lunghezza d'onda in aria delle prime 3 armoniche, supponendo di sonare il violino alla temperatura esterna di 0 °C.
 - L'ampiezza dell'onda di pressione alla distanza di un ascoltatore che percepisce un livello sonoro pari a 70 dB. Si supponga che tutta la potenza trasportata dall'onda sia associata al modo fondamentale e che la densità dell'aria sia $\rho_0 = 1.29 \text{ kg/m}^3$.

Prova scritta di Fisica 3 del 21 luglio 2008

Carlo Pagani e Alberto Vailati

1. Un sistema ottico consiste di una lente convergente con lunghezza focale 50 cm. La lente è posta a una distanza di 50 cm dalla faccia piana che delimita un blocco di vetro semi infinito. Il blocco giace nel semipiano alla destra della lente. L'indice di rifrazione del blocco è pari a $n=1.5$. Un oggetto di altezza 1 cm è posto a alla sinistra della lente ad una distanza di 150 cm da essa. Determinare la posizione e la dimensione dell'immagine, accompagnando la soluzione con la relativa costruzione.
2. Un reticolo di diffrazione è largo 5 cm e presenta 5000 righe. Determinare:
 - a. la posizione angolare dei massimi del primo ordine per le lunghezze d'onda $\lambda=400$ nm e $\lambda=600$ nm
 - b. la larghezza angolare dei due massimi
 - c. la posizione dei due massimi nel piano focale di una lente di lunghezza focale $f=50$ cm
 - d. la più piccola differenza di lunghezze d'onda che il reticolo è in grado di risolvere al primo e al secondo ordine rispetto a $\lambda=600$ nm.
3. Un mezzo di soccorso con la sirena accesa si muove con una velocità di 70 km/h. La sirena emette un'onda acustica con frequenza $\nu=1000$ s⁻¹. Assumendo che la velocità del suono nell'aria sia pari a 343 m/s determinare:
 - a. la frequenza percepita da un osservatore fermo che veda il mezzo dirigersi verso di lui.
 - b. la frequenza percepita dal guidatore di un'automobile che si muova incontro al mezzo di soccorso con una velocità relativa pari a 160 km/h.
4. Due corde infinite caratterizzate dalla stessa densità lineare di massa $\rho=0.1$ kg/m e sottoposte alla stessa tensione $T=100$ N giacciono nello stesso piano, l'una disposta perpendicolarmente all'altra. Le corde sono annodate tra loro nell'origine. Su uno dei quattro rami di corda propaga un'onda armonica diretta verso l'origine. Le oscillazioni avvengono in direzione perpendicolare al piano formato dalle due corde, con ampiezza pari a 3 cm e frequenza $\nu=5$ Hz. Determinare:
 - a. le lunghezze d'onda, le frequenze e le velocità di fase delle onde trasmesse e dell'onda riflessa.
 - b. le ampiezze delle onde trasmesse e dell'onda riflessa
 - c. la potenza media delle onde trasmesse e dell'onda riflessa

Prova scritta di Fisica 3 del 23 giugno 2008

Carlo Pagani e Alberto Vailati

1. Un sistema ottico consiste di due lenti uguali piano-convexe con raggio di curvatura $|R|=20$ cm. Il materiale delle lenti ha indice di rifrazione $n=1.5$. Determinare le distanze focali delle lenti. Posto un oggetto di altezza 1 cm alla distanza di 80 cm, a sinistra della prima lente, determinare la posizione e la magnificazione dell'immagine nelle seguenti configurazioni, accompagnando le soluzioni con le relative costruzioni:
 - a. la distanza tra le lenti sia pari a 1 m
 - b. la distanza tra le lenti sia pari a 40 cm
2. Una doppia fenditura è illuminata da una radiazione monocromatica di lunghezza d'onda 500 nm. Le fenditure sono separate di 1 mm e sono larghe 0.1 mm. Posto uno schermo alla distanza di 4 m determinare:
 - a. La posizione sullo schermo del primo minimo di diffrazione
 - b. La distanza tra i massimi di interferenza e l'ordine del massimo di interferenza che viene cancellato dal primo minimo di diffrazione.
 - c. La posizione del primo massimo di diffrazione (calcolato come punto centrale tra due minimi) e la sua intensità relativa rispetto all'intensità del massimo centrale.
3. Un'onda armonica progressiva propaga su una corda omogenea infinita, in assenza di gravità. Rispetto ad un certo sistema di riferimento la funzione d'onda è data da $y(x,t)=0.01 \sin(12.56 x - 62.8 t - 1.57)$, dove le lunghezze sono espresse in metri e i tempi in secondi. Sapendo che la ipotetica corda ha un diametro di 1 mm ed è fatta di acciaio ($\rho=7.8 \text{ kg/dm}^3$), determinare:
 - a. La lunghezza d'onda, la frequenza e la velocità di fase dell'onda.
 - b. La tensione applicata alla corda
 - c. La potenza media trasportata dall'onda
 - d. L'ampiezza in centimetri della perturbazione ondosa a 1 m dal punto di riferimento e al tempo $t=1$ s.
4. Una sorgente sonora emette un'onda sferica di potenza media pari a 1 W in un angolo solido di $\pi/8$ steradiani. Sapendo che alla frequenza emessa l'attenuazione dell'aria è pari a 5 dB/km:
 - a. Determinare la distanza alla quale un osservatore percepirebbe un livello sonoro $L=50$ dB se l'attenuazione dell'aria fosse nulla.
 - b. determinare il livello sonoro effettivamente percepito dall'osservatore che si trova nella posizione calcolata in precedenza.

Compito di Fisica 3 del 12 giugno 2008

Carlo Pagani e Alberto Vailati

1. Una sottile pellicola trasparente di indice di rifrazione 1.72 è depositata su una lastra di vetro di indice di rifrazione 1.53. La pellicola viene illuminata perpendicolarmente con luce monocromatica con lunghezza d'onda pari a 633 nm.
 - a) Si determini lo spessore minimo della pellicola affinché la luce riflessa dalla sua superficie superiore a contatto con l'aria interferisca distruttivamente con quella riflessa all'interfaccia pellicola-vetro.
 - b) Determinare la lunghezza d'onda nel visibile per la quale in corrispondenza allo spessore individuato al punto a) si ha invece una condizione di interferenza costruttiva tra la luce riflessa dalle due interfacce.
2. Una sfera trasparente è fatta di un materiale di indice di rifrazione ignoto. Sulla sfera incide la radiazione emessa da una sorgente monocromatica. Si assuma che la sfera sia circondata dal vuoto.
 - a) Si consideri il caso in cui un sottile fascio di raggi paralleli incida ortogonalmente sulla superficie della sfera. Si determini l'indice di rifrazione della sfera affinché i raggi convergano nel vertice della seconda superficie.
 - b) Si consideri un raggio che incida con un angolo di $\pi/4$ rispetto alla normale alla superficie della sfera. Si determini l'angolo di rifrazione prima all'interfaccia vuoto-sfera e poi all'interfaccia sfera-vuoto.
 - c) Si determini l'angolo limite del materiale che costituisce la sfera.
3. Due fenditure distanti tra loro 0.1 mm giacciono in un piano orizzontale posto a una distanza di 6 m dal fondo di una piscina vuota. Le fenditure vengono illuminate dall'alto con luce monocromatica di lunghezza d'onda pari a 590 nm e incidente perpendicolarmente al piano delle fenditure.
 - a) Determinare la distanza sul fondo della piscina dei primi tre massimi di interferenza dal massimo centrale.
 - b) Osservando l'intensità sul fondo della piscina, da ogni parte del massimo centrale si osservano 5 bande luminose. L'intensità luminosa risulta essere molto debole nella restante porzione del fondo della piscina. Stimare il valore della larghezza delle fenditure.
 - c) Si assuma ora che la piscina venga riempita d'acqua e che la profondità dell'acqua sia pari a 3m. Sapendo che l'indice di rifrazione dell'acqua è pari a 1.33 si determini la nuova posizione dei tre massimi di interferenza sul fondo della piscina.
4. Un piccolo oggetto di altezza 1 cm è posto a una distanza $2f$ da una lente convergente L_1 di lunghezza focale $f=60$ cm. L'oggetto è posto alla sinistra della lente L_1 . Alla destra di L_1 è posta una lente divergente L_2 di focale $-f$. Determinare la posizione e la magnificazione dell'immagine nelle seguenti configurazioni, accompagnando le soluzioni con le relative costruzioni:
 - a) la distanza tra le lenti sia pari a $3f/2$
 - b) la distanza tra le lenti sia pari a $3f$

Compito di Fisica 3 del 23 aprile 2008

Carlo Pagani e Alberto Vailati

1. Una canna d'organo emette sulla sua terza armonica una frequenza pari a 1013 Hz a una temperatura di 20 °C.
 - a) Determinare la frequenza di terza armonica emessa dalla canna d'organo in condizioni di temperatura e pressione standard ($T=0\text{ °C}$, $p=1.013\cdot 10^5\text{ Pa}$, $\rho=1.29\text{ kg/m}^3$)
 - b) Si determini la lunghezza della canna d'organo nei due casi: aperta/aperta e aperta/chiusa.
 - c) determinare il valore delle tre armoniche successive alla terza che vengono emesse dalla canna aperta/chiusa a 20 °C
 - d) supponendo che la potenza emessa dalla canna sia 0.5 W, determinare il livello sonoro percepito a 20 metri di distanza nell'ipotesi che l'onda emessa sia sferica.Si trascurino la dilatazione termica della canna d'organo e gli effetti agli estremi. Si assuma che l'aria si comporti come un gas ideale.

2. Un'automobile si avvicina con velocità costante a un mezzo di soccorso fermo con la sirena accesa e lo oltrepassa proseguendo nella sua corsa. Sapendo che mentre l'auto si avvicina il guidatore percepisce una frequenza di 615Hz e quando si allontana una frequenza pari a 540Hz e assumendo che la velocità del suono sia pari a 343 m/s si determini la velocità dell'auto in moto.

3. Un recipiente contiene dell'acqua di densità $1,00\text{ g/cm}^3$ sulla quale galleggia uno strato d'olio di densità pari a $0,92\text{ g/cm}^3$. All'interfaccia tra l'acqua e l'olio è presente un corpo immobile. $1/3$ del volume di tale corpo è circondato da olio. Si determini la densità del corpo espressa nel sistema di unità MKS.
Supponendo ora che il corpo sia un disco cilindrico alto 6 cm, che venga spostato verso l'alto di 1 cm dalla posizione di equilibrio e che l'attrito sia trascurabile, calcolare la frequenza del moto armonico a cui sarà soggetto una volta lasciato libero.

4. Un'onda armonica progressiva propaga su una corda omogenea tesa semi infinita. La funzione d'onda è data da $y(x,t)= 0,25\cos(17,3x- 82t)$, dove le lunghezze sono espresse in metri e i tempi in secondi. La corda è collegata in $x=0$ con una seconda corda omogenea semi infinita collocata alla sua destra e sottoposta alla stessa tensione.
 - a) Determinare lunghezza d'onda, frequenza e velocità di fase dell'onda progressiva.
 - b) Sapendo che la potenza dell'onda riflessa è $1/4$ della potenza dell'onda incidente e che l'ampiezza dell'onda trasmessa è pari a metà di quella dell'onda incidente determinare: lunghezza d'onda, frequenza e velocità dell'onda trasmessa.
 - c) Quale tratto di corda è caratterizzato dalla densità di massa maggiore?

Prova Scritta di Fisica 3 del 19 febbraio 2008

Carlo Pagani (e corso ex Roberto Bonetti)

1. La corda di un violino, lunga $L = 40$ cm e di massa $M = 3.5$ g, è accordata sul “la”, con fondamentale a 440 Hz. Calcolare:
 - a. la tensione applicata alla corda e le lunghezze d’onda delle prime 5 armoniche in aria ($v_S=343$ m/s);
 - b. l’ampiezza dell’onda di pressione alla distanza di un ascoltatore che percepisce un livello sonoro pari a 70 dB, supponendo che tutta la potenza trasportata dall’onda sia associata al modo fondamentale ($\rho_{\text{aria}} = 1.29$ kg/m³).
2. Tre successive armoniche di una canna d'organo sono rispettivamente: 171.5 Hz, 285.8 Hz e 400.2 Hz. Stabilire in base ai dati:
 - a. se la canna, che da un lato è sempre aperta, all’altro estremo è aperta o chiusa e di che armoniche si tratta;
 - b. determinarne la lunghezza sapendo che la temperatura dell’aria è di 20 °C ($v_S=343$ m/s).
3. Una sottile pellicola trasparente di TiO_2 ($n_1 = 2.40$) e' depositata su una lastrina di vetro ($n_2 = 1.72$). La pellicola viene illuminata perpendicolarmente con luce monocromatica blu di lunghezza d'onda $\lambda = 488$ nm. Si determini lo spessore minimo della pellicola affinché la luce riflessa dalla superficie superiore della pellicola a contatto con l'aria interferisca distruttivamente con quella riflessa all'interfaccia pellicola-vetro.
4. Un sistema ottico consiste di due lenti convergenti, la prima bi-convessa e la seconda piano-convessa. I raggi di curvatura della prima lente sono entrambi $|R_1|=20$ cm, mentre quello della seconda lente è $R_2=50$ cm. Il materiale delle lenti ha indice di rifrazione $n=1.5$. Un oggetto reale è posto a 0.7 m dalla prima lente.
 - a) Calcolare le distanze focali delle due lenti.
 - b) Calcolare la distanza tra le due lenti, posto che l’immagine reale della seconda lente si trovi a 10 cm dalla lente stessa.
 - c) Costruire geometricamente l’immagine.
 - d) Calcolare la magnificazione trasversale del sistema di lenti.

Prova Scritta di Fisica 3 del 21 gennaio 2008

Carlo Pagani (e corso ex Roberto Bonetti)

1. Un filo metallico con gli estremi fissi ha una massa $m = 1.2$ g, è lungo $L = 60$ cm ed è teso con una tensione $T = 115.2$ N. Calcolare la frequenza fondamentale del sistema e la più alta armonica prodotta dallo stesso che può essere udita da un ascoltatore che riesce a percepire al massimo la frequenza $\nu = 15$ kHz. Calcolare quanto deve valere la tensione applicata alla corda per produrre in aria una lunghezza d'onda di 155 cm, sapendo che la velocità del suono a 20 °C è 343 m/s. Calcolare infine la frequenza delle prime tre armoniche in quest'ultime condizioni.
2. Un'osservatore fermo ai bordi di un rettilineo sente il suono della sirena di un'auto della polizia che passa a velocità costante. Mentre l'auto si avvicina la frequenza percepita è $\nu_1 = 541$ Hz, quando si allontana è $\nu_2 = 465$ Hz. Calcolare la frequenza del suono emesso dalla sirena e la velocità dell'auto in chilometri all'ora ($v_s = 343$ m/s).
3. Nell'esperimento di Michelson, lungo i due cammini vengono introdotti due tubi di lunghezza $l = 200$ mm in vuoto. Utilizzando una radiazione a $\lambda_1 = 488$ nm prodotta da un laser ad Argon, si osserva che sullo schermo compare una frangia chiara di ordine $m_1 = 708$ mentre nel secondo tubo viene iniettato un gas alla pressione $p = 1$ atm. Ripetendo l'esperimento con una radiazione λ_2 si osserva, sullo stesso schermo, una frangia chiara di ordine $m_2 = 546$. Assumendo che l'indice di rifrazione del gas non dipenda dalla lunghezza d'onda utilizzata, si ricavi l'indice di rifrazione del gas a 1 atm e la lunghezza d'onda λ_2 .
4. Un sistema ottico è formato da due lenti, la prima convergente e l'altra divergente, distanti 200 cm. Le lenti hanno una faccia piana e l'altra con raggio di curvatura 20 cm e 40 cm rispettivamente. Il materiale della lente è vetro con indice di rifrazione $n = 1.5$. Posto un oggetto a 80 cm dalla prima lente, costruire geometricamente l'immagine. Si calcoli inoltre:
 - a. la posizione dell'immagine rispetto al sistema di lenti, indicando se l'immagine è reale o virtuale rispetto al sistema ottico considerato.
 - b. l'ingrandimento trasverso delle singole lenti e del sistema ottico nel suo complesso.

Compito di Fisica 3 del 17 settembre 2007

Carlo Pagani

1. Un interferometro di Michelson utilizza, inizialmente, radiazione visibile $\lambda_{1\Box} = 632.8$ nm. Lungo i due cammini vengono introdotti due tubi identici lunghi L . Quando nel primo tubo viene fatto il vuoto e nel secondo viene introdotto un gas, a pressione atmosferica, con indice di rifrazione $n = 1.000298$, sullo schermo compare il massimo di ordine $m_1 = 546$. Se ora viene utilizzata una seconda sorgente di lunghezza d'onda λ_2 , sullo schermo compare una frangia chiara di ordine $m_2 = 708$. Si determini la lunghezza dei tubi e la lunghezza d'onda della seconda radiazione utilizzata.
2. Una sorgente sonora emette un'onda sferica di potenza media pari a 5 W su un ottavo di angolo solido. In assenza di attenuazione, un osservatore posto ad una distanza D percepirebbe un livello sonoro $L_1 = 45$ dB. Calcolare l'attenuazione del mezzo se lo stesso osservatore percepisce un livello sonoro reale $L = 38$ dB.
3. Un filo metallico con gli estremi fissi lungo $L = 60$ cm ha una massa $M = 0.6$ g ed è teso con una tensione $T = 90$ N. Calcolare la frequenza fondamentale del sistema e le due armoniche successive. Se la temperatura dell'aria è di 20 °C, calcolare la lunghezza d'onda in aria per la fondamentale e la seconda armonica ($v = 343$ m/s). Sapendo inoltre che un organo che risuona sulla fondamentale della corda risuona anche alle frequenze $\nu = 350$ Hz e $\nu = 450$ Hz stabilire se la canna dell'organo è aperta oppure chiusa.
4. Due lenti convergenti L_1 e L_2 , piano-convexe in vetro ($n = 1.5$), hanno raggio di curvatura in modulo, rispettivamente, $R_1 = 10$ cm e $R_2 = 15$ cm. Le due lenti sono coassiali e separate da una distanza $d = 10$ cm. Un oggetto è posto a 60 cm dalla prima lente L_1 . Si determini:
 - a. la lunghezza focale delle lenti;
 - b. la posizione dell'immagine anche graficamente;
 - c. l'ingrandimento trasversale e longitudinale.

Prova scritta di Fisica 3 del 25 giugno 2007

Roberto Bonetti e Carlo Pagani

1. Un sistema ottico consiste di due lenti convergenti, la prima bi-convessa e la seconda piano-convessa. I raggi di curvatura della prima lente sono entrambi $|R_1|=20$ cm, mentre quello della seconda lente è $R_2=50$ cm. Il materiale delle lenti ha indice di rifrazione $n=1.5$.
Un oggetto reale è posto a 0.7 m dalla prima lente.
 - a) Calcolare le distanze focali delle due lenti.
 - b) Calcolare la distanza tra le due lenti, posto che l'immagine reale della seconda lente si trovi a 10 cm dalla lente stessa.
 - c) Costruire geometricamente l'immagine.
 - d) Calcolare la magnificazione trasversale del sistema di lenti.

2. Una doppia fenditura è illuminata da una radiazione monocromatica di lunghezza d'onda 550 nm. Le fenditure sono separate di 3.3 mm e larghe 0.125 mm ed uno schermo è posto ad una distanza di 3 m.
 - a) Calcolare la posizione del primo minimo di diffrazione
 - b) Calcolare la separazione tra i massimi di interferenza.Come dovrebbe cambiare la separazione delle fenditure affinché il secondo minimo di diffrazione coincida con il 18° massimo di interferenza?

3. Una sorgente sonora emette un'onda sferica di potenza media pari a 10 W in un angolo solido pari a 4π . Determinare la distanza alla quale un osservatore percepirebbe un livello sonoro $L=50$ dB se l'attenuazione dell'aria fosse nulla. Sapendo che alla frequenza emessa l'attenuazione dell'aria è pari a 6 dB/km, determinare il livello sonoro effettivamente percepito dall'osservatore che si trova nella posizione calcolata in precedenza.

4. La corda di una chitarra, lunga $L = 60$ cm e di massa $M = 1.5$ g, è accordata sul "la", con fondamentale a 110 Hz.
 - a) Calcolare il valore della tensione applicata alla corda.
 - b) Calcolare il valore della tensione per produrre una seconda armonica $\nu'=240$ Hz.
 - c) Calcolare le lunghezze d'onda in aria delle prime 3 armoniche emesse nei due casi.
 - d) Discutere i risultati precedenti in funzione della temperatura dell'aria (facoltativo).
 - e) Discutere i risultati precedenti nel caso in cui, a parità di tensioni applicate, sul filo venga avvolto un altro filo sottile che ne raddoppi la massa.

Compitino di Fisica III

12 Giugno 2007

R. Bonetti C. Pagani

1. Si considerino tre lastre di vetri differenti ($n_1 = 1.4$, $n_2 = 1.8$, $n_3 = 1.5$) a facce piane e parallele. Ogni lastra è spessa 3.2 cm. Le piastre sono in aria, una sull'altra in modo che non ci sia aria negli interstizi. Dire per quali angoli di incidenza si ha riflessione totale se le lastre sono nella successione 1, 2, 3, e se sono nella successione 1, 3, 2. Calcolare, per un raggio generico incidente sulle lastre con angolo θ_0 non soggetto a riflessione, lo spostamento trasversale subito nell'attraversare le tre lastre. (È sufficiente farlo in approssimazione di piccoli angoli).
2. a) La luce di una freccia illuminata, passando attraverso una lente, forma un'immagine reale della freccia ad una distanza $d = 42.0$ cm (dalla freccia oggetto). L'altezza della freccia immagine è esattamente la metà dell'altezza della freccia oggetto. A che distanza va collocata una lente affinché produca una tale immagine? Che tipo di lente e che distanza focale dovrà avere? L'immagine sarà dritta o capovolta?

b) Si consideri ora una freccia illuminata la cui luce, riflessa da uno specchio forma un'immagine reale ad una distanza $d = 42.0$ cm (dalla freccia oggetto). Sapendo che l'altezza della freccia immagine è esattamente la metà dell'altezza della freccia oggetto dire qual'è la distanza tra l'oggetto e lo specchio, dire che tipo di specchio viene adoperato e la sua distanza focale. Dire inoltre se l'immagine è dritta o capovolta.
3. In una figura di diffrazione da fenditura la distanza tra il primo minimo a destra ed il primo minimo a sinistra è di 5.00 mm. Lo schermo su cui è proiettata dista 80.0 cm dalla fenditura. La lunghezza d'onda della luce incidente è di 550 nm. Dire quanto è larga la fenditura. Dire come cambia la distanza tra i minimi se il sistema (inizialmente in aria) viene posto in acqua.
4. Una lente divergente di distanza focale $f_1 = -12$ cm ed una convergente di distanza focale $f_2 = 20$ cm sono poste in aria perpendicolarmente all'asse x con i rispettivi centri nei punti di ascissa $x_1 = 0.00$ e $x_2 = 15.00$ cm. Anche i fuochi delle lenti sono situati sull'asse x . Dire dove va posta una sorgente luminosa affinché la sua immagine sia all'infinito.

Compito di Fisica 3 del 26 aprile 2007

Roberto Bonetti e Carlo Pagani

1. Un sommergibile è in pattuglia fermo nell'oceano atlantico. Utilizza un sonar con una frequenza di 5 kHz. La temperatura dell'acqua è di 20 °C ($\beta=2.2 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$). Un secondo sommergibile si avvicina con una velocità di 5 m/s. Calcolare la frequenza ricevuta dal sommergibile in avvicinamento e quella riflessa ricevuta dal sommergibile di pattuglia.
2. Un violinista suona in un parco all'aperto. Un ascoltatore a 1.5 km di distanza percepisce una nota a 440 Hz con un'intensità di 10^{-8} W/m^2 . Supponendo che la temperatura dell'aria sia 30 °C, l'attenuazione sia 2 dB/km e che la potenza sia emessa su 2π , si calcoli la potenza emessa dal violino, l'ampiezza dell'onda di pressione e quella di spostamento ($\rho=1.165 \text{ kg/m}^3$, $v=349 \text{ m/s}$).
3. Un filo metallico con gli estremi fissi lungo $L=60 \text{ cm}$ ha una massa $M=0.6 \text{ g}$ ed è teso con una tensione $T=90 \text{ N}$. Calcolare la frequenza fondamentale del sistema. Calcolare quanto deve valere la tensione per produrre una seconda armonica $\nu'=450 \text{ Hz}$ e come cambiano i risultati se sul filo viene avvolto un altro filo metallico in modo da fare raddoppiare la massa. Se la temperatura dell'aria è di 20 °C, calcolare la lunghezza d'onda in aria per la fondamentale e la seconda armonica nella prima ipotesi del problema ($v=343 \text{ m/s}$).
4. Una canna d'organo risuona alle tre successive frequenze di 256.9 Hz e 330.3 Hz e 403.7 Hz. Stabilire in base ai dati se la canna è aperta oppure chiusa e determinarne la frequenza fondamentale.

Prova Scritta di Fisica 3 del 19 febbraio 2007

Roberto Bonetti e Carlo Pagani

1. Una sorgente sonora emette un'onda sferica di potenza media pari a 10 W in un angolo solido pari a $\pi/8$. Sapendo che alla frequenza emessa l'attenuazione dell'aria è pari a 3 dB/km, determinare il livello sonoro L percepito da un osservatore che si trovi alla distanza di 3000 m (si ricorda che il livello sonoro L è l'intensità riferita all'intensità di riferimento $I_0=10^{-12}$ W/m²).
2. Un filo metallico con gli estremi fissi ha una massa $m = 1.0$ g, è lungo $L = 50$ cm ed è teso con una tensione $T = 80.0$ N.
 - a) Calcolare la frequenza fondamentale del sistema.
 - b) Calcolare la più alta armonica prodotta dallo stesso che può essere udita da un ascoltatore che riesce a percepire al massimo la frequenza $\nu = 15$ kHz.
 - c) Calcolare quanto deve valere la tensione applicata alla corda per produrre in aria, alla temperatura di 20 °C, una lunghezza d'onda di 200 cm.
 - d) Calcolare la frequenza delle prime tre armoniche in quest'ultime condizioni.
 - e) Facoltativo: ripetere c) e d) nel caso in cui la temperatura dell'aria sia di 0 °C.
3. Una lente piano convessa di raggio 10 cm ed una lente biconvessa, i cui moduli dei raggi sono rispettivamente 50 cm e 200 cm, sono poste a distanza d l'una dall'altra ($n_{\text{lente}}=1.5$). Calcolare tale distanza affinché la magnificazione trasversale totale sia pari a - 0.4 per un oggetto posto a 40 cm dalla prima lente. Tracciare quindi i raggi del sistema ottico risultante.
4. Spesso le lenti sono ricoperte per ridurre le riflessioni. Quanto spesso deve essere uno strato di indice di rifrazione $n = 1.70$ affinché le riflessioni dall'interfaccia aria-strato e strato-vetro interferiscano distruttivamente per radiazione nel centro dello spettro visibile (si assuma $\lambda = 550$ nm)? L'indice di rifrazione del vetro è 1.5.
5. La figura di diffrazione prodotta da una coppia di fenditure identiche separate da una distanza $d = 0.1$ mm è osservata su uno schermo posto a 1 m dal piano delle slitte. Le slitte sono illuminate da radiazione monocromatica a lunghezza d'onda $\lambda=590$ nm. Cinque bande luminose sono osservate su entrambe i lati del massimo centrale, ma oltre a queste l'intensità è molto affievolita. Calcolare la larghezza approssimativa delle fenditure.
6. In un esperimento d'interferenza alla Young, la distanza tra le slitte è di 0.5 mm e la radiazione utilizzata è di 600 nm. A quale distanza dalla fenditura è necessario porre uno schermo affinché la distanza tra le frange sia di 1 mm?

FISICA 3- PROVA SCRITTA 29/1/07

1-Una lente d'ingrandimento è tenuta in modo tale che un insetto si trova a $\frac{3}{4}$ della distanza focale della lente. Qual è l'ingrandimento lineare se $f = 2.5$ cm?

Qual è l'ingrandimento angolare se l'insetto è posto approssimativamente nel fuoco?

2-Una colonna d'aria in un tubo lungo $L_1 = 0.9$ m, chiuso ad un estremo, viene posta in risonanza sulla frequenza fondamentale mediante l'eccitazione di un filo teso, posto in vicinanza dell'apertura del tubo. Il filo è lungo $L_2 = 36$ cm ed ha una massa 10 g; è fissato agli estremi e oscilla con la sua frequenza fondamentale.

a) quale è la frequenza di risonanza?

b) qual'è la tensione del filo?

3-Uno schermo è posto a 50 cm da una fenditura singola, illuminata da una luce di lunghezza d'onda pari a 690 nm. Se la distanza tra il primo ed il terzo minimo nella figura di diffrazione è 3 mm, qual'è la larghezza della fenditura?

4-Una stella binaria dista 9.4×10^{15} m dalla Terra ed è costituita da 2 stelle distanti 3×10^9 km; schematizzando le due stelle come sorgenti monocromatiche con $\lambda = 625$ nm, dire se un osservatore può risolvere le singole stelle ad occhio nudo, e in caso negativo qual'è il diametro minimo che la lente di un telescopio deve avere per risolverle.

5-Si pone una lente convessa su di una superficie di vetro piana e la si illumina dall'alto con luce con $\lambda = 670$ nm. La figura di interferenza prodotta dalla riflessione della luce da parte dello strato d'aria interposto è tale che il raggio del 20° anello scuro è di 1.1 cm. Calcolare il raggio di curvatura della lente.

Milano 16 novembre 2006

Prova scritta straordinaria dell'Esame di Fisica 3 (Carlo Pagani) per gli studenti fuori corso:
Matteo **Luciani** e Matteo **Provengano**

1. Due lenti convergenti piano-convesse in vetro ($n = 1.5$) hanno raggio di curvatura che in modulo vale rispettivamente $R_a = 10$ cm e $R_b = 15$ cm. Le due lenti sono coassiali e separate da una distanza $d = 10$ cm. 1) Trovare la posizione dell'immagine di un oggetto posto a 60 cm dalla prima lente, dire se l'immagine è reale o virtuale e determinare l'ingrandimento trasversale. 2) Calcolare la lunghezza focale delle lenti e disegnare schematicamente i raggi necessari a costruire l'immagine. Facoltativo: determinare l'ingrandimento longitudinale.
2. Un osservatore fermo ai bordi di un rettilineo sente il suono della sirena di un'auto della polizia che passa a velocità costante. Mentre l'auto si avvicina la frequenza percepita è $\nu_1=548$ Hz, quando si allontana è $\nu_2=460$ Hz. Calcolare la frequenza del suono emesso dalla sirena e la velocità dell'auto in chilometri all'ora ($v_s=343$ m/s).
3. Un corpo di massa $M=0.1$ kg si muove lungo l'asse x sotto l'azione di una forza elastica $F_e=-kx$ con $k=50$ N/m e di una forza resistente di tipo viscoso $F_r=-\alpha dx/dt$ con $\alpha=100$ g/s. All'istante $t=0$ il corpo passa dal punto $x=0$ cm con velocità $v=4$ m/s. Si determini: a) l'energia totale associata all'oscillazione all'istante iniziale; b) l'ampiezza dell'oscillazione dopo 3 secondi; c) la legge del moto;
4. Una fenditura di larghezza a è illuminata da una radiazione monocromatica di lunghezza d'onda $\lambda_1=498$ nm; lo schermo di osservazione si trova nel piano focale di una lente sottile di lunghezza focale 2 m posta immediatamente al di là della fenditura. Il quarto minimo della figura di diffrazione si forma a distanza $d = 3$ mm dal massimo centrale. Per luce di lunghezza d'onda λ_2 , il terzo minimo si forma nello stesso punto dello schermo. Si determini il valore di λ_2 e la larghezza a della fenditura.

Nota (non inserita nel testo dato agli studenti):

- L'esercizio #1 è tratto dalla prova in itinere del 23 gennaio 2006 (#4)
- Gli esercizi #2 e #3 sono tratti dalla prova in itinere del 22 novembre 2006 (#1 e #2).
L'esercizio #3 è stato semplificato ponendo la posizione iniziale a $x=0$ invece che a $x=1$ cm.
- L'esercizio#4 è tratto dalla prova scritta del 13 febbraio 2006 (#3)

Prova Scritta di Fisica 3 del 4 settembre 2006

Carlo Pagani

1. Un filo metallico con gli estremi fissi ha una massa $m = 1.2$ g, è lungo $L = 60$ cm ed è teso con una tensione $T = 80.0$ N. Calcolare la frequenza fondamentale del sistema e la più alta armonica prodotta dallo stesso che può essere udita da un ascoltatore che riesce a percepire al massimo la frequenza $\nu = 15$ kHz. Calcolare quanto deve valere la tensione applicata alla corda per produrre in aria, alla temperatura di 0 °C, una lunghezza d'onda di 200 cm, sapendo che la velocità del suono a 20 °C è 343 m/s. Calcolare infine la frequenza delle prime tre armoniche in quest'ultime condizioni.
2. Un corpo di massa $m = 100$ g oscilla lungo l'asse x attorno all'origine sotto l'azione di una forza elastica $F_e = -kx$ con $k = 6.4$ N/m e di una forza resistente di tipo viscoso $F_r = -b dx/dt$ con $b = 0.05$ Ns/m: Si determini la legge oraria sapendo che all'istante $t = 0$ il corpo è in movimento verso le x negative con energia cinetica pari a 800 mJ ed energia potenziale nulla. Si calcoli inoltre dopo quanto tempo l'energia totale dell'oscillatore si sarà ridotta al valore di 100 mJ e il valore dell'energia cinetica in quell'istante.
3. Un sistema ottico consiste di due lenti convergenti, la prima piano convessa e la seconda biconvessa. Il raggio di curvatura per la prima lente è $R_1=20$ cm, mentre quelli per la seconda lente sono entrambi $|R_2|=10$ cm. Il materiale delle lenti è vetro con indice di rifrazione $n=1.5$.
Un oggetto reale è posto a 2 m dalla prima lente. Calcolare:
 - a) Le distanze focali delle due lenti.
 - b) La distanza tra le due lenti, posto che l'immagine della seconda lente si trovi a 12.5 cm dalla lente stessa.
 - c) Costruire geometricamente l'immagine.
 - d) Calcolare la magnificazione laterale del sistema.
4. Una sottile pellicola trasparente di olio ($n_1 = 1.46$) è depositata su una lastrina di vetro ($n_2 = 1.50$). La lunghezza d'onda di una luce monocromatica può essere variata in modo continuo e si osserva interferenza distruttiva per $\lambda_1=700$ nm e $\lambda_2=500$ nm e nessuna altra lunghezza d'onda compresa tra λ_1 e λ_2 . Calcolare lo spessore del film e l'ordine del massimo di interferenza corrispondente a λ_1 e λ_2 .

Compito di Fisica 3 del 26 luglio 2006

Carlo Pagani

1. Una doppia fenditura viene illuminata con luce monocromatica $\lambda = 500 \text{ nm}$. Posta una lente di focale $f = 1.5 \text{ m}$ davanti alla fenditura, su uno schermo si osserva che il primo minimo di diffrazione coincide con il quinto massimo di interferenza. La regione tra la lente e lo schermo viene quindi riempita con un gas di indice di rifrazione $n = 1.2$. Si osserva il minimo di diffrazione spostarsi di 1 mm rispetto alla condizione precedente in cui c'era l'aria nella regione tra la lente e lo schermo. Determinare le caratteristiche della fenditura (distanza tra le fenditure e ampiezza della singola fenditura).
2. Due lenti sottili immerse in aria, una convergente e una divergente, hanno lo stesso asse e sono fatte dello stesso materiale ($n = 1.5$). I moduli dei raggi di curvatura delle quattro superfici diottriche sono tutti pari a $|R| = 30 \text{ cm}$. Un oggetto è posto a 50 cm dalla prima lente, quella convergente. Tracciando i raggi, determinare l'immagine del sistema ottico in esame considerando una distanza tra le lenti di 80 cm . Calcolare quindi l'ingrandimento trasversale e longitudinale.
3. Un corpo di massa $m = 1 \text{ kg}$ si muove lungo l'asse x attorno all'origine sotto l'azione di una forza elastica $F_e = -kx$ con $k = 64 \text{ N/m}$ e di una forza resistente di tipo viscoso $F_r = -b \, dx/dt$ con $b = 0.5 \text{ Ns/m}$: Si determini la legge oraria sapendo che all'istante $t=0$ il corpo è fermo dalla parte delle x positive con energia potenziale pari a 8 J . Si calcoli inoltre dopo quanto tempo l'energia totale dell'oscillatore si sarà ridotta al valore di 1 J .
4. Due corde identiche di un pianoforte sono tese con la stessa tensione $T = 100 \text{ N}$ in modo da produrre entrambe la frequenza fondamentale di 440 Hz . Determinare di quanto si deve aumentare la tensione di una delle due corde per udire battimenti a 4 Hz .

Compito di Fisica 3 del 19 giugno 2006

Carlo Pagani

1. Un filo metallico con gli estremi fissi lungo $L = 50$ cm ha una massa $M = 1.0$ g ed è teso con una tensione $T = 80.0$ N. Calcolare la frequenza fondamentale del sistema e la più alta armonica prodotta dallo stesso che può essere udita da un ascoltatore che riesce a percepire al massimo la frequenza $\nu = 15$ kHz. Calcolare quanto deve valere la tensione per produrre in aria, alla temperatura ambiente, una lunghezza d'onda di 200 cm. Calcolare inoltre le prime tre armoniche in aria.
2. Rimanendo fermi ad un semaforo si sente il suono della sirena di un'auto della polizia che passa. Mentre l'auto si avvicina la frequenza percepita è $\nu_1 = 580$ Hz, quando si allontana è $\nu_2 = 505$ Hz. Calcolare la velocità dell'auto assumendo che quella del suono sia 343 m/s.
3. Nell'esperimento di Michelson, lungo i due cammini vengono introdotti due tubi di lunghezza $l = 10$ cm. Utilizzando una radiazione a $\lambda_1 = 632.8$ nm prodotta da un laser He-Ne, si osserva che sullo schermo compare una frangia chiara di ordine $m_1 = 546$ mentre nel primo tubo viene fatto il vuoto e nel secondo viene iniettato un gas alla pressione $p = 1$ atm. Ripetendo l'esperimento con una radiazione λ_2 si osserva, sullo stesso schermo, una frangia chiara di ordine $m_2 = 708$. Assumendo che l'indice di rifrazione del gas non dipenda dalla lunghezza d'onda utilizzata, si ricavi l'indice di rifrazione stesso e la lunghezza d'onda λ_2 .
4. Si consideri un sistema ottico formato da una lente convergente ed una lente divergente. La prima lente è di vetro Crown e la seconda di vetro Flint. Le due lenti, considerate sottili, sono poste a contatto e la lunghezza focale risultante è $f = 50$ cm, indipendentemente dalla lunghezza d'onda (doppio acromatico). Trovare la lunghezza focale per ogni singola lente per le radiazioni riportate in tabelle con i rispettivi indici di rifrazione.

Radiazione	Lunghezza d'onda (nm)	Indice di rifrazione vetro Crown	Indice di rifrazione vetro Flint
A	656.3	1.5154	1.6444
B	589.3	1.5170	1.6499
C	486.1	1.5230	1.6637

Calcolate le lunghezze focali, tracciare i raggi nel caso che le due lenti siano separate di 65 cm e che l'oggetto sia reale e si trovi a 30 cm dalla prima lente utilizzando i dati ottenuti per il caso B.

Prova Scritta di Fisica 3 del 13 febbraio 2006

Carlo Pagani

1. Una cilindro di massa $m = 8$ kg e raggio $R = 12$ cm oscilla rotolando senza attrito su un piano sotto l'effetto di due molle contrapposte, collegate al perno centrale e aventi rispettivamente costate elastica pari a 10 N/m e 17 N/m. Sapendo che la velocità angolare massima del disco è $\omega_m = 5$ rad/s, determinare: 1) l'energia totale del sistema; 2) la legge del moto $x(t)$ del centro di massa, calcolando e giustificando tutti i parametri che vi compaiono, nell'ipotesi che all'istante $t=0$ l'energia potenziale del cilindro sia nulla e che il valore della coordinata del centro di massa stia crescendo.
2. La corda di un violino, lunga $L = 40$ cm e di massa $M = 3.5$ g, è accordata sul "la", con fondamentale a 440 Hz. Calcolare:
 - a. La tensione applicata alla corda e le lunghezze d'onda delle prime 5 armoniche supponendo di sonare il violino alla temperatura esterna di 0 °C.
 - b. L'ampiezza dell'onda di pressione alla distanza di un ascoltatore che percepisce un livello sonoro pari a 70 dB, supponendo che tutta la potenza trasportata dall'onda sia associata al modo fondamentale.
3. Una fenditura di larghezza a è illuminata da una radiazione monocromatica di lunghezza d'onda $\lambda_1 = 498$ nm; lo schermo di osservazione si trova nel piano focale di una lente sottile di lunghezza focale 2 m posta immediatamente al di là della fenditura. Il quarto minimo della figura di diffrazione si forma a distanza $d = 3$ mm dal massimo centrale. Per luce di lunghezza d'onda λ_2 , il terzo minimo si forma nello stesso punto dello schermo. Si determini il valore di λ_2 e la larghezza a della fenditura.
4. Con una lente convergente sottile si cerca, spostandola lungo il suo asse ottico, di proiettare su uno schermo fisso l'immagine di un oggetto luminoso alto 1 cm e posto perpendicolarmente all'asse ottico in una data posizione. Cio' risulta possibile per due diverse posizioni della lente, le cui distanze dall'oggetto hanno, rispettivamente, i valori $l_1 = 20$ cm e $l_2 = 80$ cm. Si determini la distanza d dello schermo dall'oggetto, la distanza focale della lente e gli ingranimenti ottenuti nei due casi. Quando la lente dista l_1 dall'oggetto si inserisce tra la lente e l'oggetto una seconda lente divergente a distanza $l = 10$ cm dalla prima. Calcolare la distanza focale della lente divergente sapendo che in questo caso l'immagine si forma all'infinito.

Prova Scritta di Fisica 3 del 30 gennaio 2006

Carlo Pagani

1. L'energia iniziale di un oscillatore armonico smorzato è pari a 10 J e diminuisce dello 0.2% per ciclo. Sapendo che la massa oscillante è pari a 200 g e che la costante elastica della molla è $k=80$ N/m, determinare: 1) la posizione della massa all'istante iniziale, supponendo che sia nulla l'energia cinetica; 2) la legge del moto, indicando il valore e le dimensioni di tutti i parametri; 3) l'ampiezza dell'oscillazione e la posizione della massa oscillante all'istante $t=5$ s.
2. Una sorgente sonora emette un'onda sferica di potenza media pari a 10 W in un angolo solido pari a $\pi/4$. Sapendo che alla frequenza emessa l'attenuazione dell'aria è pari a 3 dB/km, determinare il livello sonoro L percepito da un osservatore che si trovi alla distanza di 4500 m (si ricorda che il livello sonoro L è l'intensità riferita all'intensità di riferimento $I_0=10^{-12}$ W/m²).
3. Una doppia fenditura è illuminata da una radiazione monocromatica di lunghezza d'onda 550 nm. Le fenditure sono separate di 3.3 mm ed uno schermo è posto ad una distanza di 3 m.
 - a. Calcolare la posizione del primo minimo di interferenza
 - b. Calcolare la separazione tra le frangeInserendo ora di fronte ad una delle due fenditure una sottile lastra di vetro di spessore 0.01 mm
 - c. Determinare la direzione dello spostamento delle frange e la sua relazione con i parametri del problema.
 - d. Trovare l'indice di rifrazione del vetro sapendo che le frange si sono spostate di 4.73 mm.
4. Un sistema ottico è formato da due lenti, la prima convergente e l'altra divergente, distanti 10 cm. Le lenti hanno una faccia piana e l'altra con raggio di curvatura 40 cm. Il materiale della lente è vetro con indice di rifrazione $n=1.5$. Posto un oggetto a 44 cm dalla prima lente, calcolare:
 - a. La posizione dell'immagine ed indicare se l'immagine è reale o virtuale rispetto al sistema ottico considerato.
 - b. Calcolare l'ingrandimento trasverso del sistema ottico
 - c. Costruire geometricamente l'immagine.

Compito di Fisica 3 del 23 gennaio 2006

Carlo Pagani

1. Sul braccio di un interferometro di Michelson è montata una camera a tenuta d'aria lunga 5 cm con finestre di vetro di spessore trascurabile. La camera è riempita di un gas in cui la luce ha velocità di $2.91 \cdot 10^8$ m/s. La camera viene evacuata molto lentamente e si contano su uno schermo 5500 frange. Calcolare la lunghezza d'onda della radiazione utilizzata.
2. Studiare i parametri di una doppia fenditura in modo che risulti annullata l'intensità della terza frangia di interferenza, non contando il massimo centrale. Quali altre frange eventualmente mancano? Utilizzando una doppia fenditura così dimensionata, con di fronte una lente e uno schermo nel piano focale, sapendo che la lunghezza d'onda utilizzata è 400 nm, che la distanza tra le fenditure è di 1.2 mm e che la larghezza della frangia centrale di diffrazione è 5 mm, calcolare la lunghezza focale della lente.
3. Una sottile pellicola trasparente di TiO_2 ($n_1 = 2.40$) e' depositata su una lastrina di vetro ($n_2 = 1.72$). La pellicola viene illuminata perpendicolarmente con luce monocromatica verde di lunghezza d'onda $\lambda = 488$ nm. Si determini lo spessore minimo della pellicola affinché la luce riflessa dalla superficie superiore della pellicola a contatto con l'aria interferisca distruttivamente con quella riflessa all'interfaccia pellicola-vetro.
4. Due lenti convergenti piano-convexe in vetro ($n = 1.5$) hanno raggio di curvatura che in modulo vale rispettivamente $R_a = 10$ cm e $R_b = 15$ cm. Le due lenti sono coassiali e separate da una distanza $d = 10$ cm. 1) Trovare la posizione dell'immagine di un oggetto posto a 60 cm dalla prima lente, dire se l'immagine è reale o virtuale e determinare l'ingrandimento trasversale. 2) Calcolare la lunghezza focale delle lenti e disegnare schematicamente i raggi necessari a costruire l'immagine. Facoltativo: determinare l'ingrandimento longitudinale.

Compito di Fisica 3 del 22 novembre 2005

Carlo Pagani

1. Un'osservatore fermo ai bordi di un rettilineo sente il suono della sirena di un'auto della polizia che passa a velocità costante. Mentre l'auto si avvicina la frequenza percepita è $\nu_1=548$ Hz, quando si allontana è $\nu_2=460$ Hz. Calcolare la frequenza del suono emesso dalla sirena e la velocità dell'auto in chilometri all'ora ($v_s=343$ m/s).
2. Un corpo di massa $M=0.1$ kg si muove lungo l'asse x sotto l'azione di una forza elastica $F_e=-kx$ con $k=50$ N/m e di una forza resistente di tipo viscoso $F_r=-\alpha dx/dt$ con $\alpha=100$ g/s. All'istante $t=0$ il corpo passa dal punto $x=1$ cm con velocità $v=4$ m/s. Si determini: a) l'energia totale associata all'oscillazione all'istante iniziale; b) l'ampiezza dell'oscillazione dopo 3 secondi; c) la legge del moto;
3. Tre successive frequenze di risonanza di una canna d'organo sono rispettivamente: 171.5 Hz, 285.8 Hz e 400.2 Hz. Stabilire in base ai dati se la canna, che da un lato è sempre aperta, all'altro estremo è aperta o chiusa e determinarne la lunghezza sapendo che la temperatura dell'aria è di 20 °C ($v_s=343$ m/s). Determinare i valori delle stesse frequenze se la temperatura dell'aria è pari a 0 °C.
4. Una sorgente sonora emette un'onda sferica di potenza media pari a 1 W in un angolo solido pari a $\pi/2$. Determinare la distanza alla quale un osservatore percepirebbe un livello sonoro $L=40$ dB (L è l'intensità riferita all'intensità di riferimento $I_0=10^{-12}$ W/m²) se l'attenuazione dell'aria fosse nulla. Sapendo che alla frequenza emessa l'attenuazione dell'aria è pari a 6 dB/km, determinare il livello sonoro effettivamente percepito dall'osservatore che si trova nella posizione calcolata in precedenza.