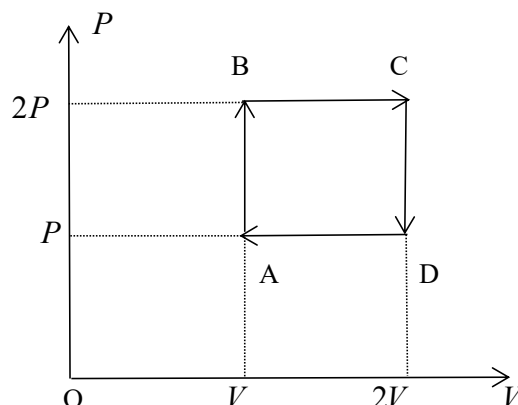


(問題 1)

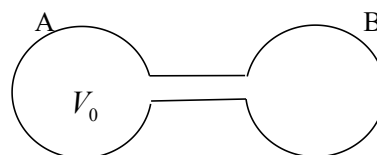
図のようなサイクルの熱効率 e を求めよ。



(問題 2)

同じ容積 $V_0[m^3]$ をもつ容器 A, B を細管でつなぎ、

単原子分子理想気体 $n_0[mol]$ を入れる。



初め、気体の温度は $T_0[K]$ であった。

(1) 気体の圧力 $p_0[Pa]$ と内部エネルギー $U_0[J]$ を求めよ。

(2) A 内の気体の温度を T_0 に保ったまま B を加熱し、B 内の気体の温度を $2T_0[K]$ に上げた。

(a) A, B 内にある物質質量 n_A, n_B を求めよ。

(b) 気体の圧力 $p[Pa]$ を求めよ。

(c) 加熱による内部エネルギーの増加 ΔU を求めよ。

(問題 3)

まめらかに動くピストンがついた容器に理想気体を閉じ込めたところ、気体の圧力、体積、温度がそれぞれ $p_1[Pa]$, $V_1[m^3]$, $T_1[K]$ であった。この状態を状態 1 とし、気体を次のように変化させるとする。

過程 1 状態 1 から温度を一定に保ったまま、ピストンをゆっくり押し込むと、気体の体積が $\frac{1}{2}V_1[m^3]$ となった。(状態 2)

過程 2 次に、ピストンを押す力を一定に保ったまま、ヒーターで気体を温めて膨張させて体積を $V_1[m^3]$ に戻した。(状態 3)

過程 3 状態 3 でピストンを固定してヒーターを切り、しばらくすると、気体の温度が $T_1[K]$ になり、状態 1 に戻った。

(1) 状態 2 での気体の圧力 $p_2[Pa]$ と、状態 3 での気体の温度 $T_3[K]$ を求めよ。

(2) 過程 $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ の変化を横軸を体積 V 、縦軸を圧力 p に取ったグラフと横軸を温度 T 、縦軸を体積 V に取ったグラフに表せ。

(問題 4)

円筒容器にピストンで単原子分子理想気体を閉じ込めたとき、容器内外の圧力は

$1.0 \times 10^5 [Pa]$ 、気体の温度は $3.0 \times 10^2 [K]$ 、体積は $2.0 \times 10^{-3} [m^3]$ であった。このときの気体

の状態を A として $p-V$ 線図に示すように気体の状態を変化させた。

過程 1 (A $\rightarrow$ B) は定積変化、過程 2 (B $\rightarrow$ C) は等温変化、過程 3 (C $\rightarrow$ A) は等圧変化である。

過程 2 では気体の温度を一定に保つようにピストンで操作しながら気体に $3.5 \times 10^2 [J]$ の熱量を加えた。

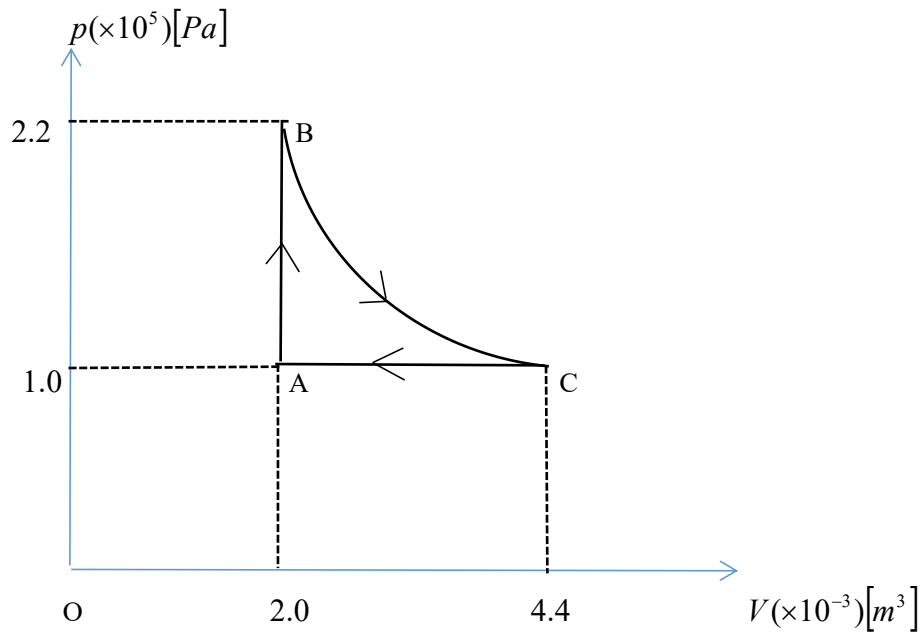
(1) 状態 B, C での温度 T_B, T_C を求めよ。

(2) 各過程での内部エネルギーの変化 $\Delta U_1, \Delta U_2, \Delta U_3$ を求めよ。

(3) 各過程で気体がされる仕事 W_1, W_2, W_3 を求めよ。

(4) 過程 1 と過程 3 で外部から吸収する熱量 Q_1, Q_3 を求めよ。

(5) この 1 サイクルの熱効率を求めよ。



(問題 5)

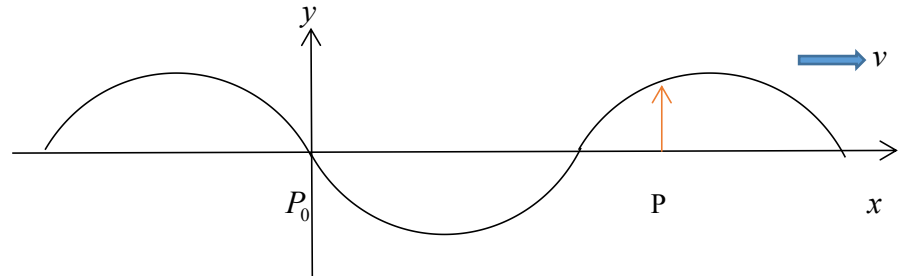
波長 $16[m]$, 振幅 $1.5[m]$, 周期 $5.0[s]$ の正弦波が x 軸正の向きに進んでいる。 $x = 0[m]$ の媒質を P_0 とし, 位置 $x[m]$ の媒質を P , 時刻 $t[s]$ における変位を $y[m]$ とする。図のように P_0 が座標の原点 O を正の向きに通過する時刻を $t = 0[s]$ とする。

(1) P_0 の時刻 t における変位はいくらか。

(2) P の時刻 t における変位が P_0 のどの時刻における変位と等しいか。

(3) P の時刻 t における変位はいくらか。

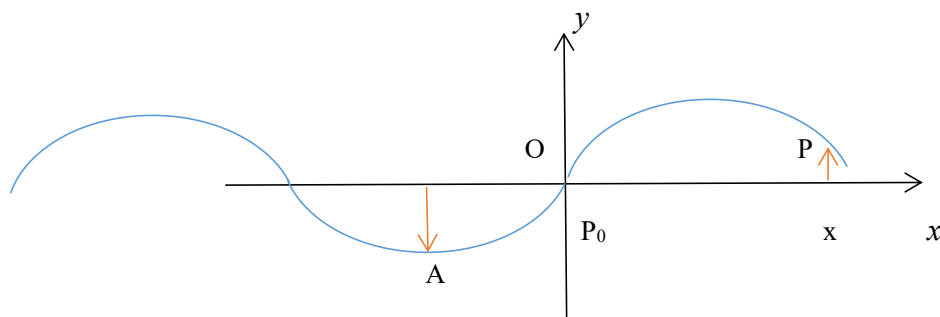
- (4) P_0 と逆位相で変位している媒質の位置 x を, $x > 0[m]$ の範囲で原点 O から近いものから 2 つ挙げよ。



(問題 6)

波長 16m, 振幅 1.5m, 周期 5.0s の正弦波が x 軸正の向きに進んでいる。 $X=0$ の媒質を P_0 とし, 位置 $x[m]$ の媒質を P , 時刻 $t[s]$ における変位を $y[m]$ とする。図のように P_0 が座標の原点 O を y 軸の負の向きに通過する時刻を $t=0[s]$ とする。

- (1) P_0 の時刻 t における変位はいくらか。
- (2) P の時刻 t における変位はいくらか。
- (3) 点 A と逆位相で振動している媒質の位置 x を $x > 0$ の範囲で原点 O に近いものから 2 つ挙げよ。



(問題 7)

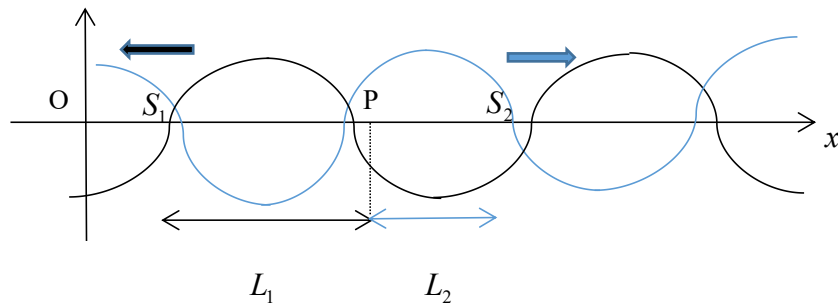
図のように, 波源 S_1, S_2 を出発した正弦波 (波 1, 波 2) が, x 軸に沿って互いに逆向きに速さ v で進み, 重なり合う。波 1, 波 2 は, 波源 S_1, S_2 で反射しないものとする。波源 S_1, S_2 からそれぞれ L_1, L_2 の距離にある点を P とする。波源 S_1, S_2 の単振動の変位が

$$y = A \sin \frac{2\pi}{T} t \text{ と表せるものとして, 次の問いに答えよ。}$$

- (1) 点 P の媒質の時刻 t における波 1 による変位を y_1 , 波 2 における変位を y_2 として, 変位 y_1, y_2 を L_1, L_2 を用いて表せ。

(2) 点 P にける波 1, 2 の位相差はいくらか。 L_1, L_2 を用いて表せ。

(3) 波源 S_1, S_2 の間には定常波ができる。点 P が定常波の腹であるとき, (2) で求めた位相差は π の何倍になるか。また, 距離の差 $|L_1 - L_2|$ は, 波 1, 2 の波長 λ の何倍になるか。

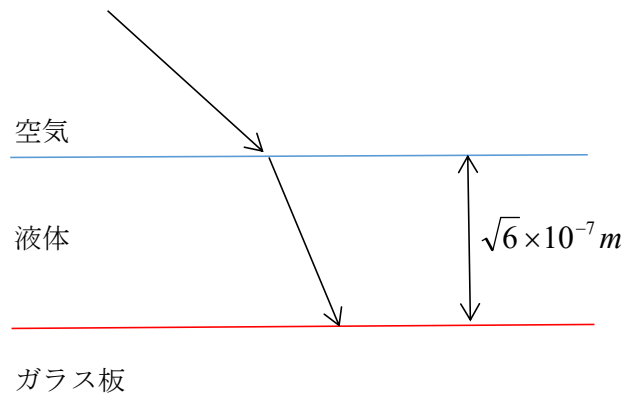


(問題 8)

図のように, 空気に対する屈折率が 1.5 のガラス板上に, 屈折率 $\sqrt{2}$ の液体の薄い膜をつくった。膜の厚さは $\sqrt{6} \times 10^{-7} m$ であった。この液体膜の表面に入射角 45° の光を当てるとき, 次の問いに答えよ。

(1) 空気と液体との境界での光の屈折角 θ はいくらか

(2) 空気と液体との境界で反射する光と, 液体とガラスの境界で反射する光の光路差はいくらか



(問題 9)

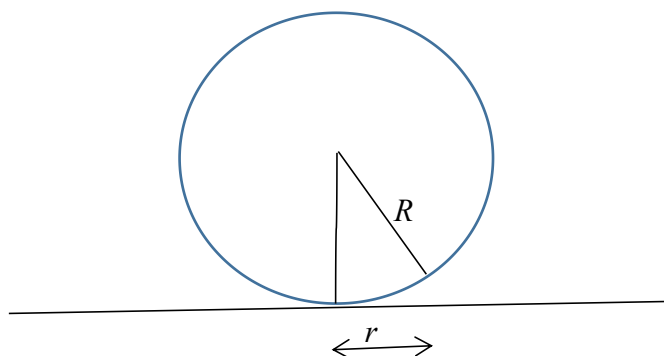
平面ガラス板の上に, 半径 R の球面をもつ平凸レンズを図のように置く。真上から波長 $6.0 \times 10^{-7} m$ の単色光を当て, 上方から見ると, 同心円状の明暗の環が観察された。図で d は R に比べて十分小さいとする。

(1) レンズと平面ガラスの接触点 A から r だけ離れた点での空気層の厚さ d は, $d \cong \frac{r^2}{2R}$

となることを示せ。

(2) 平凸レンズの半径が 27m のとき、中心から 5 番目の暗環の半径 r を求めよ。

(中心は 0 番目とする。) ただし、光が空気からガラスに進む境界で反射するとき位相が π ずれる (逆転する) ものとする。



(問題 10)

単色光をスリット S_0 と複スリット S_1, S_2 に通すと、後方のスクリーン上に明暗の縞ができ、

スクリーン中央の点 O で最も明るかった。 S_1 と S_2 は間隔が $d[m]$ で、 S_0 から等距離にある。

複スリットとスクリーンの距離を $l[m]$ とする。

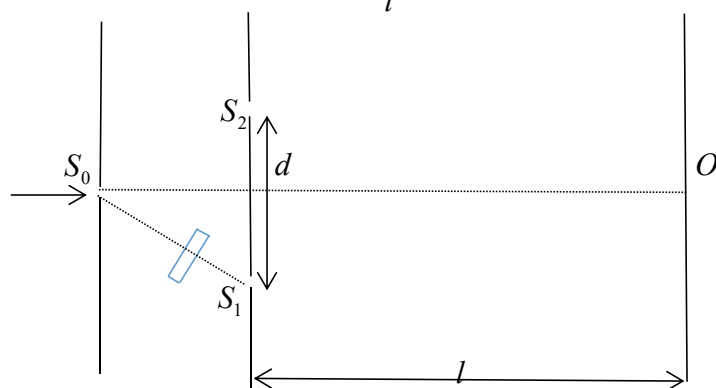
(1) 図のように、スリット S_1 の手前に、屈折率 $n(n > 1)$ 、厚さ $D[m]$ の薄い透明板を S_0S_1 に

垂直に置いたとき、 S_0 から回折して、 S_1 に達する光と、 S_2 に達する光の光路差 $\Delta s[m]$ を求めよ。

(2) 初め、スクリーン上の点 O にあった明線は、透明板を置いた後、上向きに移動するか、下向きに移動するか。

(3) (2)の移動距離 $\Delta x[m]$ を求めよ。ただし、点 O から $x[m]$ 離れたスクリーン上の点を P と

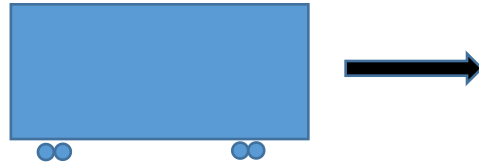
すると、 S_1P と S_2P の光路差は $\frac{d}{l}x$ と表されるものとする。



(問題 1 1)

振動数 300Hz の警笛音を出す電車が直線上を進んでいる。音の伝わる速さを 340m/s として次の問いに答えよ。

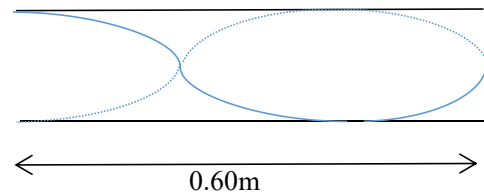
- (1) 電車が速さ 20m/s で走りながら警笛を鳴らした。電車の進行方向前方に伝わる警笛音の波長 λ' はいくらか。
- (2) (1)の音を電車の進行方向前方の踏切に立っている人が聞く振動数 f' はいくらか。



(問題 1 2)

長さが 0.60m の閉管内の気柱が 3 倍振動している。音の速さを $3.4 \times 10^2 \text{m/s}$ とし、開口端補正は無視する。

- (1) 気柱内の音波の波長 λ は何 m か。
- (2) 気柱内の音波の振動数 f は何 Hz か。



(問題 1 3)

弦の一端を振動子 P につなぎ、他端は滑車 Q を経ておもりにつなぎ、PQ の部分を水平に張った。振動子の振動数を $1.2 \times 10^2 [\text{Hz}]$ にして、PQ の長さを $1.2 [\text{m}]$ にすると、図のように弦に 3 個の腹を持つ定常波が生じた。

- (1) 弦を伝わる波の波長 $\lambda [\text{m}]$ を求めよ。
 - (2) 弦を伝わる波の速さ $v [\text{m/s}]$ を求めよ。
- PQ の長さとおもりはかえないで、振動子の振動数を変えたところ、4 個の腹をもつ定常波に変化した。このときの振動子の振動数 $f [\text{Hz}]$ を求めよ。

