

1 次の(1)~(9)の問いに答えよ。

- (1) 自動車がサイレンを鳴らしながら近づいてくる。サイレン振動数を 800 Hz 、自動車の速さを 20 m/s 、音の速さを 340 m/s とする。

(a) 自動車の前方に伝わる音の波長 $\lambda [\text{m}]$ を求めよ。 $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{340}{800} = 0.425$

(b) 自動車の前方に静止している人の聞く音の振動数 $f' [\text{Hz}]$ を求めよ。 $f' = \frac{v + v_o}{v} f = \frac{340 + 20}{340} \times 800 = 847$

- (2) 次の **a** ~ **d** に当てはまる適当な語句を答えよ。

白色光はプリズムによっていろいろな色の光に分けられる。この現象を光の **a** という。このとき、赤色光と青色光では、**b** のほうが大きく曲がる。また、光が小さな粒子によって四方に散らされる現象を光の **c** という。赤色光と青色光では、**d** のほうが大気中の気体分子に **c** されやすい。

- (3)(a) 焦点距離 8.0 cm の凸レンズがある。この凸レンズの前方 10.0 cm の位置に物体を置いたときに生じる像の位置・種類・倍率を求めよ。

(b) 焦点距離 40 cm の凹レンズがある。この凹レンズの前方 60 cm の位置に物体を置いたときに生じる像の位置・種類・倍率を求めよ。

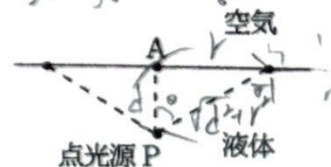
- (4)(a) 焦点距離が 30 cm の凹面鏡の前方 20 cm の所に大きさ 2.5 cm の物体を置いたとき、凹面鏡がつくる像の位置・種類・倍率を求めよ。

(b) 焦点距離が 30 cm の凸面鏡の前方 20 cm の所に大きさ 2.5 cm の物体を置いたとき、凸面鏡がつくる像の位置・種類・倍率を求めよ。

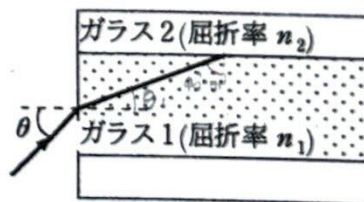
- (5) 図のように、屈折率 n の液体中、深さ $d [\text{m}]$ の位置に点光源 P がある。この点光源からの光(真空中での波長 $\lambda [\text{m}]$) を境界面のすぐ上の空气中で観測する。

(a) 点光源真上の地点 A から見たときの点光源のみかけの深さを求めよ。一般に、角 θ が非常に小さい場合、 $\sin \theta \approx \tan \theta$ と近似できることを用いてよい。

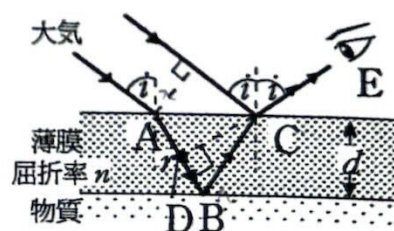
(b) 点光源からの光が空気中に出ないようにするための、液面置くの最小半径を求めよ。



- (6) 屈折率 n_1 のガラス1を、屈折率 $n_2 (< n_1)$ のガラス2でおおった円柱状の繊維が空气中に置かれている。円柱の中心軸に垂直な端面に、中心軸と θ をなす角で入射させた光は、2つのガラスの境界面に臨界角で入射した。空気屈折率を1として、 $\sin \theta$ を求めよ。



- (7) 屈折率 n 、厚さ d の薄膜を、屈折率が n より大きい物質の表面につけたものがある。波長 λ の単色光を屈折率1の大気側から、薄膜に入射角 i で入射させた。点 A に入射し点 B で反射して点 C を通過する光と、点 C で反射する光を点 E で観測したとき、暗く見えるための条件式を、 n 、 d 、 λ 、屈折角 r および整数 $m (m=0, 1, 2, \dots)$ を用いて表せ。

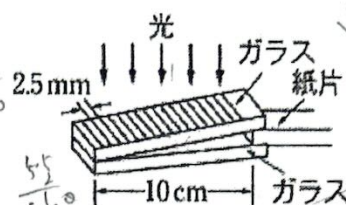


$$2d \cos r = (m + \frac{1}{2}) \lambda$$

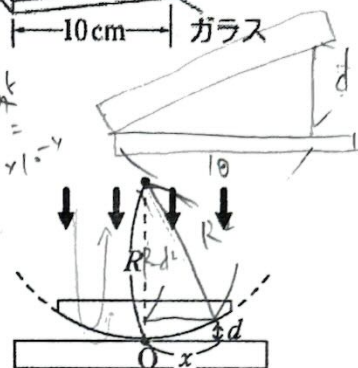
(8) 2枚の平面ガラスの一端どうしを密着し、そこから10 cmのところに紙片をはさむ。このガラス板の真上から波長 5.5×10^{-7} m の単色光を当てて上方から見ると、等間隔の明暗の縞模様が見え、暗線の間隔が2.5 mm だった。

(a) 紙片の厚さはいくらか。

(b) ガラス板の間を液体で満たすと、暗線の間隔が20 mm になった。液体の屈折率はいくらか。



(9) 平面ガラスの上に球面半径 R [m] の平凸レンズを置き、真上から波長 $\lambda = 5.0 \times 10^{-7}$ m の単色光を当てて上から観察すると、点 O を除いて10番目の暗環の半径が1.0 cm であった。 R を求めよ。ただし、 O からの距離 x の位置での空気層の厚さ d は $\frac{x^2}{2R}$ と表される。



2 次の(1)~(8)の問いに答えよ。

(1) 質量2.0 kg の物体が、東向きに1.5 m/s の速さで進んでいる。この物体の運動量の大きさを求めよ。

(2) 右向きに飛んできた小球に、左向きの10 N の力を0.10 秒間加えて止めた。ボールに与えた力積の大きさを求めよ。

(3) 右向きに速さ10 m/s で飛んできた質量0.30 kg のボールをバットで打つ。ボールが飛んできた方向と 90° 方向を変えて同じ速さで打ち飛ばす場合、バットがボールに与える力積 I の大きさと向きを求めよ。 $\sqrt{2}$ は1.4 とする。

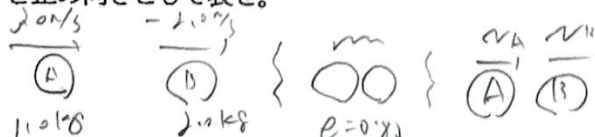
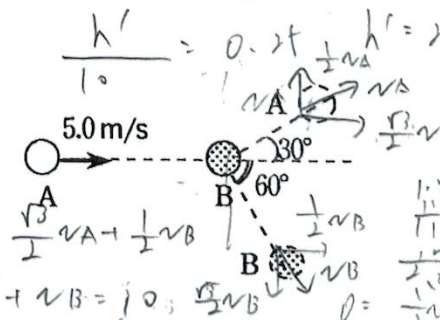
(4) 速さ3.0 m/s、質量2.0 kg の台車Aが、静止している1.0 kg の台車Bに衝突して一体となった。衝突後のA、Bの速さ v' [m/s] を求めよ。

(5) 静水に浮かぶ小舟に人が乗っている。人の質量が50 kg、小舟の質量が300 kg であるとき、静止した小舟から人が水平右向きに1.5 m/s の速さで水中に飛びこむとき、小舟の動く向きと速さを求めよ。

(6) ボールを床からの高さ1.0 m のところから静かに落とした。ボールと床面との間の反発係数が0.50 のとき、ボールが、はね上がる高さを求めよ。

(7) 質量がともに m [kg] の2球A、Bがある。静止しているBに5.0 m/s の速さでAを当てたところ、Aは進行方向から左へ 30° 、Bは右へ 60° の方向へ飛んだ。衝突後のA、Bの速さ v_A 、 v_B [m/s] を求めよ。 $\sqrt{3}$ は1.7 とする。

(8) 質量1.0 kg の小球Aが3.0 m/s の速さで進み、同一直線上を小球Aと逆向きに2.0 m/s の速さで進んできた質量2.0 kg の小球Bと衝突した。反発係数が0.80 のとき、衝突後の小球AおよびBの速度を求めよ。ただし、向きは衝突前の小球Aの速度の向きを正の向きとして表せ。

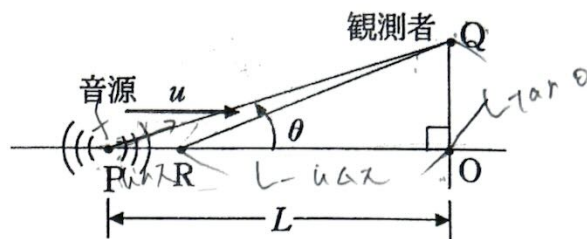


3 次の文中□ア～□オに当てはまる数式を入れよ。

図のように、音源が進む方向の直線上とは異なる位置に観測者が静止している。音の速さは V とし、振動数 f の音源が u の速さで移動している。時刻 $t=0$ で、音源は点Pにあり、観測者は点Qにある。点Qから音源の進む方向の直線に下ろした垂線と音源の進む方向の直線との交点をOとする。このとき、PO間の距離は L [m]である。

また、 $\theta = \angle OPQ$ とする。

点Pから点Qまでの距離は、□ア[m]である。時刻 $t=0$ に、点Pから出た音が点Qに伝わるのは、時刻 $t_1 = \square$ イ[s]となる。次に、短い時間 Δt 秒の間に、音源が u の速さで点Pから点Rの位置に進んだとする。このとき、点Qから点Rまでの距離は□ウ[m]となる。ただし、 $(\Delta t)^2$ は無視できるとし、近似式 $\sqrt{1+x} \approx 1 + \frac{1}{2}x$ ($|x| \ll 1$)を用いることとする。点Rから出た音が点Qに伝わるのは、時刻 $t_2 = \square$ エ[s]である。 Δt 秒の間に、音源からは $f\Delta t$ 個の波が出るが、観測者は、これを $t_2 - t_1$ の間に聞くことになる。したがって、観測者が聞く振動数 f' [Hz]は、 $f' = \square$ オ[Hz]となる。



4 図1のように、波長 λ の単色光をスクリーンA上のスリット S_0 に入射させると、スクリーンC上に干渉縞が見えた。スクリーンA, B, Cは互いに平行で、AB間の距離は L , BC間の距離は R である。 S_1 と S_2 の間隔は d とし、 S_1S_2 の垂直二等分線がスクリーンAと交わる点をM、スクリーンCと交わる点をOとする。また、スクリーンC上の座標軸 x を、Oを原点として図1のようにとる。このとき以下の設問に答えよ。必要に応じて、整数を表す記号として m, n を用いよ。

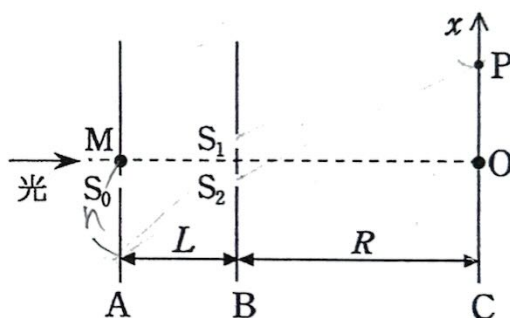


図1

スリット S_0 がMの位置にあるとき、明線が現れる x 座標の値は、

OP, d が R と比べて十分小さいとすると、 $x = m \frac{R\lambda}{d}$ と表される。

(1) スクリーンA上のスリット S_0 をMから下側方向に h だけわずかにずらした。このとき、スクリーンC上で明線が現れる x 座標の値求めよ。ただし、 h は L に比べて十分小さいとする。

(2) (1)のとき、スクリーンC上に現れる明線の位置は図2(a)のようであった。この結果から S_0 の位置 h を測定したい。ところが図2(a)だけからでは、どの干渉縞の明線がどのような干渉によって生じているかがわからない。そこで、波長 λ の単色光に変えて、波長 λ' の単色光をスクリーンA上のスリット S_0 に入射させた。そのとき、スクリーンC上に現れる明線の位置は図2(b)のようになった。図2(a)で、 x 方向で原点にもっとも近い明線の位置を x_0 とすると、 h を x_0 を用いて表せ。

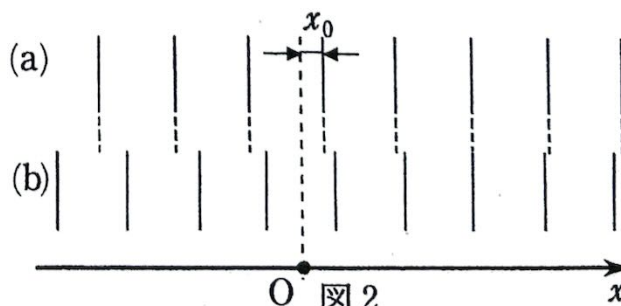


図2

(3) (1)の状態ですクリーンA上にもう1つのスリット S'_0 を開ける。 S'_0 の位置は S_1S_2 の垂直二等分線に対して S_0 と対称な位置とする。このとき、スクリーンC上の干渉縞の明暗がもっとも明瞭となるときの h の値を求めよ。