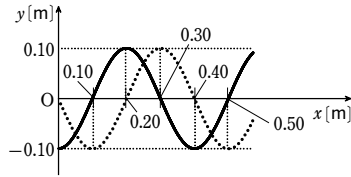


1

図のように、横波が x 軸の正の向きに進んでいる。図の実線の波は時刻 $t=0$ s における波形で、 $t=0.10$ s のときに初めて破線の形になった。

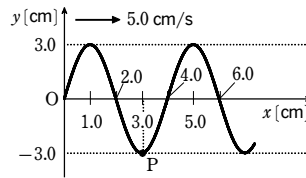
- この波の波長 λ は何 m か。
- 波の速さ v は何 m/s か。
- 原点の媒質は、 $t=0$ s~ 0.10 s の間に、どちら向きに何 m 動くか。



2

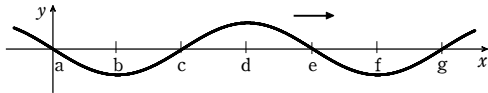
図は x 軸上を正の向きに 5.0 cm/s の速さで進む正弦波の時刻 $t=0$ s での波形である。

- $t=0.20$ s での波形をかけ。
- $x=3.0$ cm の位置の媒質 P について、変位の時間変化のようす ($y-t$ 図) をグラフにかけ。



3

図は x 軸上を正の向きに進む縦波のある時刻における変位を横波的な表示方法で表したものである。縦波にもどして考えたとき、次のようになっている媒質の点はどこか。

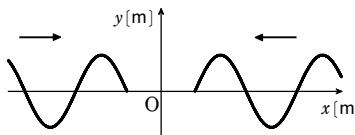


- 最も密な点
- 最も疎な点
- 媒質の速度が 0 の点
- 媒質の速度が右向きに最大の点

4

振幅 0.020 m、振動数 250 Hz、波長 0.12 m の 2 つの正弦波が一直線上を互いに逆向きに進み、重なりあって定常波ができた。

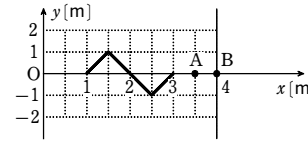
- 腹の位置での振動について、振動数 f [Hz] と振幅 A [m] を求めよ。
- 節と節の間隔 d は何 m か。



5

パルス波が原点 O で発生し、 x 軸上を速さ 1 m/s で右向きに進む。図はパルス波発生から 3 秒後の波形である。B 地点 ($x=4$ m) は固定端である。

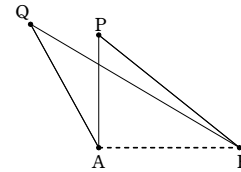
- パルス波発生から 5 秒後の A 地点 ($x=3.5$ m) の変位を求めよ。
- パルス波発生から 6 秒後の波形をかけ。



6

水面上の 2 点 A、B から波長 2.0 cm、振幅 0.30 cm の同位相の波が出ている。次の点 P、Q はどのような振動をするか。波の減衰は無視する。

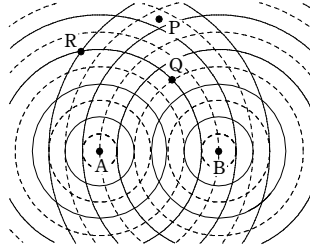
- A から 3.0 cm、B から 5.0 cm の点 P
- A から 4.0 cm、B から 7.0 cm の点 Q



7

図のように、水面上で 7.0 cm 離れた 2 点 A、B が同位相で振動して波長が 2.0 cm の波を出している。図の実線はこれらの波のある瞬間での山を、破線は谷を表している。水面波の減衰は考えない。

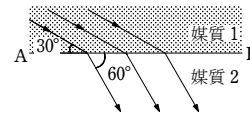
- 線分 AB の垂直 2 等分線上の点 P は、どのような振動をするか。
- 点 Q はどのような振動をするか。
- 点 R はどのような振動をするか。
- 一般に、A、B からの距離差が 5.0 cm の点は、どのような振動をするか。また、それらの点を連ねた曲線を図に示せ。
- 線分 AB 上にできる定常波の腹はいくつあるか。また、これらの腹の位置の、点 A からの距離を求めよ。



8

媒質 1 から媒質 2 へ平面波が入射し、境界面 AB で屈折する。図の矢印は平面波の進む向きを表している。媒質 1 中の平面波の振動数を 10 Hz、波長を 3.4 cm、 $\sqrt{3}=1.7$ とする。

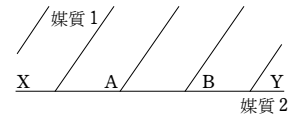
- 入射角 i を求めよ。
- 屈折角 r を求めよ。
- 媒質 1 に対する媒質 2 の屈折率 n を求めよ。
- 媒質 2 中の平面波の振動数 f_2 [Hz] を求めよ。
- 媒質 2 中の平面波の波長 λ_2 [cm] を求めよ。



9

平面波が媒質 1 から媒質 2 へ進んでいる。XY は境界を表し、斜めの線はある瞬間の入射波の山の波面を表している。媒質 1 に対する媒質 2 の屈折率を 2.0 とする。

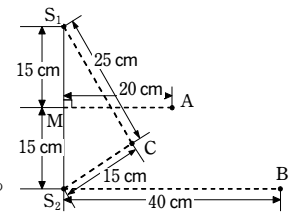
- 図の時刻に点 B にある山は、1 周期前にはどの点 (C とする) にあったか。
- 図の時刻に点 A にある山は、1 周期後にはどの点 (D とする) に達するか。
- 図の時刻における屈折波の波面を作図せよ。



10

水面上に 2 つの波源 S_1 、 S_2 が 30 cm 離れて置かれており、振動数 5.0 Hz で同位相で振動し、波長 10 cm の同心円状の波を発生している (M は線分 S_1S_2 の中点)。

- 波源 S_1 から出た波が点 A に到達するのに要する時間 t は何秒か。
- 2 つの波は点 A で強めあうか、それとも弱めあうか。また、点 B ではどうか。
- 波源 S_1 、 S_2 において波の山が発生している瞬間に、点 C で観測される波は山か、それとも谷か。
- 点 C で観測された波は 0.30 秒後に水面上のある点に移動する。波源 S_1 、 S_2 からその点までの距離はそれぞれいくらか。

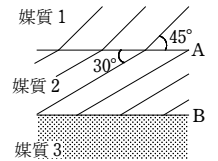


ヒント (4) 点 C を通る 2 つの波面がどのように変化するかを考える。

11

図のように、媒質 1 と媒質 2 が境界面 A で、また媒質 2 と媒質 3 が境界面 B で接している。媒質 1 から入射した平面波の一部が、境界面 A で屈折して媒質 2 へ入っていく。図中の平行線は波の波面を表している。媒質 1 における入射波の波長は 1.4 cm、振動数は 50 Hz である。 $\sqrt{2}=1.4$ とし計算せよ。

- 媒質 1 中の波の速さ v_1 は何 cm/s か。
- 媒質 1 に対する媒質 2 の屈折率 n_{12} はいくらか。
- 媒質 2 中の波の波長 λ_2 は何 cm か。
- 媒質 2 中の波の振動数 f_2 は何 Hz か。
- 媒質 1 に対する媒質 3 の屈折率 n_{13} を 0.70 とすると、媒質 2 に対する媒質 3 の屈折率 n_{23} はいくらか。



ヒント (5) $n_{13} = \frac{\lambda_1}{\lambda_3} = 0.70$ を用いて、 $n_{23} = \frac{\lambda_2}{\lambda_3}$ を計算する。

12

直線上を運動する点の、原点からの変位 y [m] が時刻 t [s] において $y=0.3\sin 4\pi t$ で表されるとき、振動の振幅 A [m]、周期 T [s]、振動数 f [Hz] を求めよ。

高2物理総合S-SA 練習問題 (波動)

13

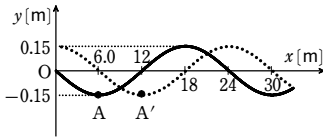
x 軸上を正の向きに進む正弦波の、座標 x [m] の点の時刻 t [s] における変位 y [m] が $y=0.20\sin\pi(5.0t-0.10x)$ で表されるとき、この波の振幅 A [m]、周期 T [s]、波長 λ [m]、振動数 f [Hz]、速さ v [m/s] を求めよ。

14

x 軸上を正の向きに進む波長 6.0 m の正弦波がある。原点における時刻 t [s] での変位 y [m] は $y=2.0\sin 8.0\pi t$ で表される。
 (1) この波の周期 T [s]、速さ v [m/s] を求めよ。
 (2) 座標 x [m] の点の、時刻 t [s] における変位 y [m] を表す式をつくれ。

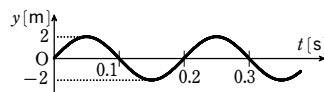
15

x 軸上を正の向きに正弦波が進んでいる。時刻 0 秒のときは図の実線の波形であったが、A の谷が 0.10 秒後に A' まで進んで破線の波形になった。
 (1) この波の振幅 A [m]、波長 λ [m]、周期 T [s] を求めよ。
 (2) 原点の、時刻 t [s] における変位 y_0 [m] を表す式をつくれ。
 (3) 座標 x [m] の点の、時刻 t [s] における変位 y [m] を表す式をつくれ。



16

図は、ある正弦波が速さ 3 m/s で x 軸の正の向きに進むとき、 $x=0$ の点の時刻 t [s] における変位 y [m] を表したものである。
 (1) この波の周期 T [s] と振動数 f [Hz] はいくらか。
 (2) $t=0$ のとき、 $0 \leq x \leq 0.9$ (m) の範囲における変位 y のようすをグラフに表せ。
 (3) 座標 x [m] の点の、時刻 t [s] における変位 y [m] を表す式をつくれ。



17

振幅 0.10 m、周期 0.20 秒、速さ 3.6 m/s の正弦波が x 軸上を正の向きに進んでいる。
 (1) $t=0$ のとき、変位が $y=0$ で、 y 軸の負の向きに振動しようとしている点を原点 ($x=0$) として、各点の変位のようすをグラフに表せ。
 (2) $t=1.50$ s のときの、各点の変位のようすを (1) のグラフに重ね、破線で表せ。
 (3) $x=0$ の点の時刻 t [s] における変位 y [m] を表す式をつくれ。
 (4) 任意の点 x [m] の、時刻 t [s] における変位 y [m] を表す式をつくれ。

18

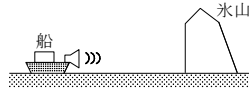
t [°C] における大気中の音の速さ V [m/s] は $V=331.5+0.6t$ で表される。次の気温のときの音の速さは何 m/s か。小数点以下を四捨五入して求めよ。
 (1) $t=0$ °C (2) $t=15$ °C

19

音の速さが 3.4×10^2 m/s のとき、100 Hz の低音の音の波長 λ_L [m] と、1000 Hz の高音の音の波長 λ_H [m] をそれぞれ求めよ。

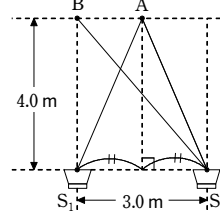
20

船の前方にある冰山までの距離をはかるために、船上で汽笛を鳴らしたら 4.0 秒後に反響が聞こえた。音の速さを 3.3×10^2 m/s として、音を発したときの船と冰山との距離を次の (1)、(2) の場合について求めよ。ただし、冰山は静止しているものとする。
 (1) 船が静止している場合
 (2) 船が 10 m/s の速さで冰山に向かって進んでいる場合



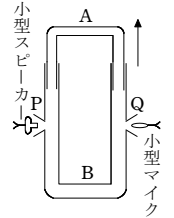
21

図のように 2 つのスピーカー S_1 と S_2 から等しい音が出ている。この音の振動数は 1.7×10^2 Hz であり、音の速さは 3.4×10^2 m/s である。
 (1) この音の波長 λ [m] を求めよ。
 (2) 点 A は音が強めあう点か、弱めあう点か。
 (3) 点 B は音が強めあう点か、弱めあう点か。



22

右の図の装置はクインケ管といい、P から送りこんだ音が PAQ と PBQ の 2 経路に分かれて伝わり、Q で干渉する。この装置で PAQ と PBQ の長さが等しい状態から、PAQ の部分を少しだけ引き出したところ、0.10 m 引き出したときに初めて干渉によって音が聞こえなくなった。音の速さは 3.4×10^2 m/s とする。
 (1) 小型スピーカーから出る音の波長 λ [m] と振動数 f [Hz] を求めよ。
 (2) 1 オクターブ高い音 (振動数が 2 倍の音) を P から送りこんで同様の実験をする。PAQ を何 m 引き出すと、初めて音が聞こえなくなるか。



23

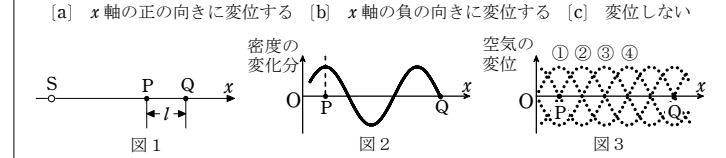
調律中のある弦楽器の一本の弦をはじいて出る音と、振動数 440 Hz の標準おんさを同時に鳴らしたところ毎秒 2 回のうなりが聞こえた。また、低周波発振器につながれたスピーカーからの振動数が 445 Hz の音と弦の間では、毎秒 3 回のうなりが聞こえた。弦の音の振動数 f [Hz] を求めよ。

24

次の文中の に入る適切な語句または式を答えよ。
 図 1 のように、空气中に振動数 f [Hz] の音源が x 軸上の点 S にある。また、点 P と

Q が l [m] 離れて x 軸上にある。点 S から発生した音波は、空気密度を変化させながら x 軸の正の向きへ進む。このような波を 波という。

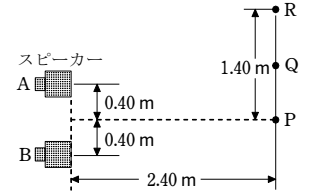
いま、時刻 t [s] における点 P、Q の近くの空気の変位が図 2 のようになった。音の速さを V [m/s] とすると、波長 λ [m] と振動数 f [Hz] は、 l と V を用いて、それぞれ $\lambda = \text{イ}$ 、 $f = \text{ウ}$ と書ける。ここで、周期を T [s] とすると、時刻 $t + \frac{T}{2}$ [s] における点 P、Q の近くにおける空気の変位 (x 軸の正の向きの変位を正とする) を表す図として正しいのは、図 3 の①~④のうち、 である。また、時刻 $t + \frac{T}{2}$ [s] からわずかな時間の後、点 P における空気は (ただし、(オ)は次の選択肢 [a]~[c] のうちから正しいものを選べ)。



【ヒント】 図 2 より、時刻 t では点 P は密部になっている。時刻 t での波形をかいて考える。

25

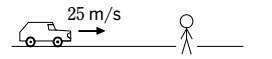
図のように 2 点 A、B の小さなスピーカーから、同じ正弦波の音を出し、マイクロフォンを接続したオシロスコープで音の波形を観察した。マイクロフォンを点 P に置いたとき、オシロスコープ上で波形は最大となった。マイクロフォンを点 P から AB に平行に移動させると、点 Q で初めて音の波形はほとんど観測されず、点 R で波形は極大になった。音の速さを 3.4×10^2 m/s として次の問いに答えよ。
 (1) 点 Q は点 R よりもスピーカーに近いにもかかわらず、音の波形がほとんど観測できなかった理由は何か。
 (2) スピーカーから出る音の振動数 f [Hz] を求めよ。
 (3) 点 B のスピーカーから出る音だけ振幅を 2 倍にした。点 Q ではどのような波形が観測されるか。



【ヒント】 振幅を 2 倍にすることは、もとの振幅の音を出すスピーカーが 2 台あることに等しい。

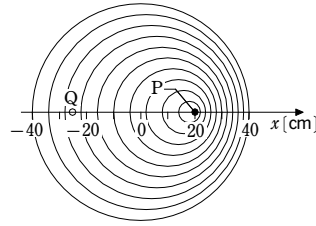
26

振動数 630 Hz の音を出しながら、25 m/s の速さで進む自動車がある。音の速さは 340 m/s とする。
 (1) 自動車の前方での音の波長 λ は何 m か。
 (2) 自動車の前方で静止した観測者が受ける音の振動数 f は何 Hz か。



27

水深が一定な水槽中の静かな水面に、細い針金の先端につけた小球Pを触れさせ、水面波を発生させる。この水面波は一定の速さV[m/s]で、円形に広がっていく。小球は一定の速度で水面上を移動できるようになっている。

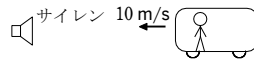


図は、小球Pを毎秒5.0回水面に触れさせながらx軸の正の向きに速さv[m/s]で移動させたとき、発生した水面波をある時刻に観測したものである。図の実線は水面波の山の位置を表している。

- (1) 水面波の伝わる速さV[m/s]を求めよ。
- (2) 小球Pの移動の速さv[m/s]を求めよ。
- (3) 図のQの位置で観測される水面波の振動数f[Hz]を求めよ。

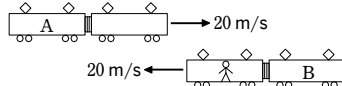
28

振動数680 Hzのサイレンが鳴っているとき、サイレンに向かって10 m/sの速さで近づく人は、このサイレンの音を何Hzの音として聞か。音の速さを340 m/sとする。



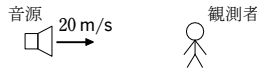
29

2台の電車A、Bが互いに等しい速さ20 m/sですれ違った。電車Bに乗っている人は、電車Aの出す振動数720 Hzの音を何Hzの音として聞か。すれ違う前と後について求めよ。音の速さを340 m/sとする。



30

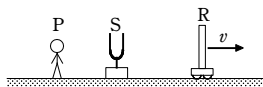
速さ20 m/sで進む音源が、振動数400 Hzの音を8.5秒間出し続けた。この音を音源の前方で静止した観測者が聞いた。音の速さを340 m/sとする。



- (1) 観測者が聞く音の振動数fは何Hzか。
- (2) 音源は8.5秒間に何回振動するか。
- (3) 観測者は何秒間、音を聞か。

31

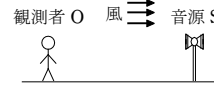
振動数がf₀のおんさSの両側に観測者Pと反射板Rがある。PとSは静止し、Rが速さvでSから遠ざかるように動くと、Pにはうなりが聞こえた。音の速さをV(V>v)とする。



- (1) Rが受け取るSからの音の波長λ₁と振動数f₁を求めよ。
- (2) Pが聞くRからの反射音の波長λ₂と振動数f₂を求めよ。
- (3) Pが聞く、1秒当たりのうなりの回数Nを求めよ。

32

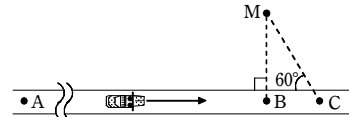
図のように、右向きに一定の速さwの風が吹いている中で、観測者Oと音源Sが一直線上に並んでいる場合を考える。音源Sが出す音の振動数をfとし、無風状態での音の速さをV(V>w)とする。



- (1) 図の右向きに進む音の速さV_Rを求めよ。
- (2) 図の左向きに進む音の速さV_Lを求めよ。
- (3) 音源Sが一定の速さv_sで、静止している観測者Oから、図の右向きに遠ざかる場合、Oが観測する音の振動数f'を求めよ。

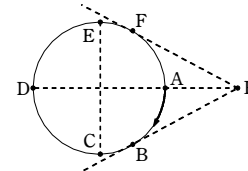
33

図のように、自動車が560 Hzの音を出しながら20 m/sの速さで等速直線運動している。道路から離れた地点Mで静止している人が自動車からの音を聞かとき、自動車が図のA~Cの3点を通過するときに出した音はそれぞれ何Hzの音として聞か。ただし、Aは音は聞こえるが十分遠方とし、音の速さは340 m/sとする。



34

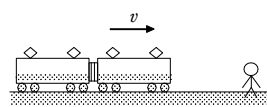
図のように、水平面内にある円周上を振動数f[Hz]の音を出しながら、一定の速さv[m/s]で時計回りに回転している音源がある。音源と同一平面上で円周の外側にある点Pで、振動数の変化を測定した。音の速さをV[m/s](V>v)とする。



- (1) 点Pで振動数がf[Hz]と測定される音は、A~Fのうちどの位置で出た音か。
- (2) 点Pで振動数が最大および最小と測定される音は、A~Fのうちどの位置で出た音か。それぞれ答えよ。
- (3) 最大の振動数f₁[Hz]、最小の振動数f₂[Hz]を求めよ。

35

線路わきに静止した観測者の横を、電車が振動数f₀[Hz]の警笛を発生しながら一定の速さv[m/s]で通過した。観測者は電車がわきを通過する前後に、警笛の音の振動数が8/9倍に変化することを確

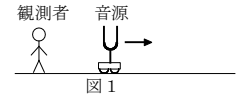


認した。音の速さを340 m/sとすると、電車の速さvは何m/sか。

ヒント 通過する前と後で2つの式を立て、f₀を消去してvを求める。

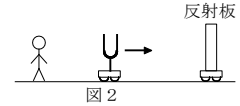
36

図1のように、静止した観測者と速さv_sで右向きに進む振動数f₀の音源がある。音の速さをV(V>v_s)とする。



- (1) 観測者に聞こえる音の波長λ₁と振動数f₁を求めよ。

図2のように音源の右側に反射板を置いた。静止した反射板の位置で観測される音の波長λ₂と振動数f₂を求めよ。

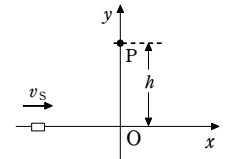


- (3) 反射板があると、観測者には音源からの直接音と反射音が同時に聞こえる。反射板が静止しているとき、観測者が1秒当たりに聞くうなりの回数Nを求めよ。
- (4) 反射板を左右いずれかに動かして、(3)において聞こえるうなりを消したい。反射板を動かす向きと速さを求めよ。

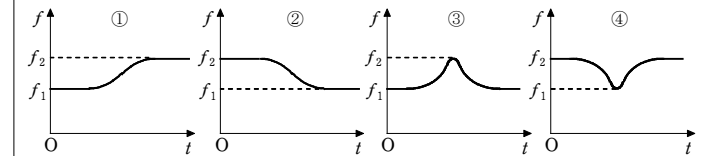
ヒント (4) 反射板は、動く観測者として音を受け取り、動く音源として音を送り出す。

37

図のように、音源が振動数f₀の音を出しながら、一定の速さv_sでx軸上を遠くから原点Oに向かって近づいてきて、通り過ぎていった。観測者はy軸上の点Pにいる。点Pとx軸との距離をh、音の速さをV(>v_s)とする。



- (1) 観測者の聞く音の振動数fの時間変化として適切なものを①~④から1つ選べ。



- (2) 観測者が聞く音の振動数の最大値f₂と最小値f₁を、それぞれf₀、v_s、Vで表せ。
- (3) 観測者が聞く音の振動数が正確にf₀に等しい瞬間において、観測者には音源の位置はどこに見えるか。音源の位置のx座標をh、v_s、Vで表せ。

ヒント (3) 音源が音を出してから、観測者に届くまでに、音源も移動している。

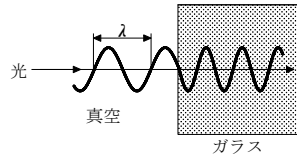
38

太陽から出た光が地球に届くのにかかる時間t[s]を求めよ。太陽から地球までの距離を1.5×10¹¹ m、光の速さを3.0×10⁸ m/sとする。

39

真空中を進む光(波長 λ) が屈折率 n のガラスに入射した。

- 真空中の距離 d の区間における光波の波の数はいくつか。
- ガラス中の距離 d の区間における光波の波の数はいくつか。
- 真空中で、(2)の場合と同じ数の波が含まれる区間の長さはいくらか。



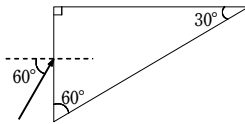
40

屈折率 $n=1.5$ の媒質中から真空中へ光を入射角 $i=30^\circ$ で入射させる。真空中の光の速さを $c=3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、媒質中での光の波長を $\lambda=4.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ として、以下の問いに答えよ。

- 媒質中での光の速さ $v \text{ [m/s]}$ 、真空中での光の波長 $\lambda_0 \text{ [m]}$ を求めよ。
- 屈折角を r として、 $\sin r$ を求めよ。
- 入射角を 30° より大きくしていくと、全反射が起こるか。起こるとすれば、その臨界角を i_0 として、 $\sin i_0$ の値を求めよ。

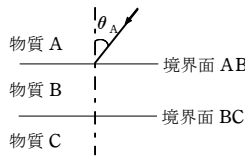
41

図のような断面をもった屈折率 $\sqrt{3}$ のプリズムがある。その1つの面に、図のように真空中から 60° の入射角で光を入射させた。光の進路を図示せよ。ただし、全反射以外の反射光はかかなくてよい。また、屈折や全反射が起こる点での入射角、屈折角、反射角を図中に記入せよ。



42

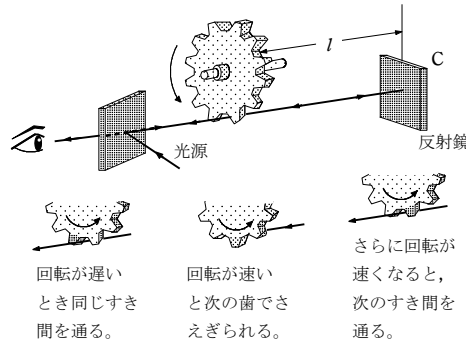
図のように、境界面 AB で物質 A と物質 B が接しており、境界面 BC で物質 B と物質 C が接している。物質 A、B、C の絶対屈折率は、それぞれ n_A 、 n_B 、 n_C である。また、すべての物質は透明であり、境界面 AB と BC は無限に広い平行平面である。単色光が入射角 θ_A で物質 A 側から境界面 AB に入射するとき、次の各問いに答えよ。



- 境界面 AB における屈折角を θ_B とする。 θ_A 、 θ_B 、 n_A 、 n_B の間に成立する関係式を示せ。
- 入射した光が境界面 BC に到達する条件を、 θ_A 、 n_A 、 n_B を用いて示せ。
- 入射した光が境界面 BC で全反射する条件を、 θ_A 、 n_A 、 n_B 、 n_C を用いて示せ。

43

フィゾーは次のような方法で光の速さの測定をした。光源を出た光は歯車のすき間を通過し、歯車から $l \text{ [m]}$ 遠方の反射鏡 C に達する。光は C で反射されて同じ道をもどり、再び歯車に達する。歯車の回転が遅いと光は同じすき間を通るので明るく見える。しかし、歯車の回転数を徐々に増していくと、反射光は隣の歯にさえぎられて見えなくなる。歯数 m 個の歯車を使って、1秒間に n 回転させたときに初めて反射光が見えなくなったとする。



- 歯車が1回転するのにかかる時間 $T \text{ [s]}$ を、 n を用いて表せ。
- 光が距離 $2l \text{ [m]}$ 進む間に歯車は何回転するか。 m を用いて表せ。
- 光が距離 $2l \text{ [m]}$ 進むのに要する時間 $t \text{ [s]}$ を、 n 、 m を用いて表せ。
- 光の速さ $c \text{ [m/s]}$ を、 n 、 m 、 l を用いて表せ。

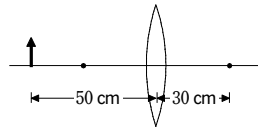
44

- 焦点距離 10 cm の凸レンズがある。物体をこのレンズから ア cm の位置に置けば、倍率が1の倒立像ができる。また、物体をこのレンズから 8.0 cm の位置に置くと、できる像は イ 像で、倍率は ウ 倍である。
- 焦点距離 30 cm の凹レンズがある。物体をこのレンズから 60 cm の位置に置くと、レンズの エ 方、 オ cm の位置に、倍率 カ 倍の キ 像ができる。

45

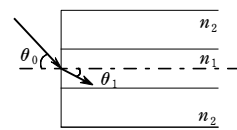
焦点距離 30 cm の凸レンズがある。物体を凸レンズの前方 50 cm の位置に置いた。

- 物体の像の位置を作図によって求めよ。
- 凸レンズの下半分を黒い紙でおおった。このとき、物体の像はどのように変化したか。



46

図に示すように単色の可視光をガラス棒に入射させることを考える。このガラス棒は屈折率 n_1 の円柱状ガラスの外部が、屈折率 n_2 の円筒状ガラスによって中心軸が一致するように囲まれ、真空中に置かれている。ここで、 $n_1 > n_2$ であり、空気中の屈折率を1とする。また、ガラス棒の端面は中心軸に対して垂直である。



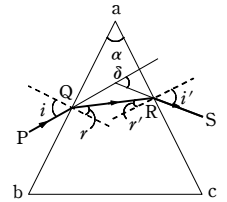
- ガラス棒の端面の中心に向けて、中心軸となす角が $\theta_0 (>0)$ の方向へ光線が入射した。透過光の屈折角を θ_1 とするとき、 $\sin \theta_1$ を n_1 と θ_0 を用いて表せ。

(2) この光線が円柱状ガラスと円筒状ガラスの境界面で全反射した。このとき、 $\sin \theta_0$ の値の範囲を n_1 と n_2 を用いて表せ。

ヒント 屈折の法則を適用する。(2) 全反射の条件は 入射角 > 臨界角

47

光がプリズム面に入射するとき、一般には2回の屈折を経て外に出る。右図において α をプリズムの頂角といい、また、入射光 PQ と透過光 RS のなす角 δ を偏向角という。ab 面および ac 面に対する入射角、屈折角を右図のようにそれぞれ i 、 r および i' 、 r' とする。

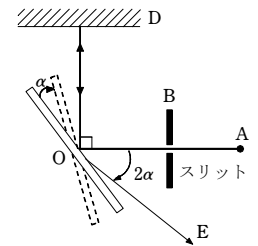


- 偏向角 δ を i 、 i' 、 r 、 r' を用いて表せ。
- 偏向角 δ を i 、 i' 、 α を用いて表せ。
- δ は、PQ と RS がそれぞれ ab 面、ac 面に対し等しく傾いているとき最小になることが知られている。このときの i 、 r の値を i_0 、 r_0 、最小偏向角を δ_0 とする。プリズムの外側にある媒質の絶対屈折率が1であるとき、プリズムの絶対屈折率 n を δ_0 、 α を用いて表せ。

ヒント 三角形の1つの外角は、内対角の和に等しいことを用いる。

48

光源 A を出た光が回転する鏡 O で反射された後、固定鏡 D に直角に入射し、反射されて O にもどる。この間に O が角 α だけ時計回りに回転すると、O で2度目の反射を受けた光は、反射の法則よりもの方向 A から角度 2α だけずれて E に進む。



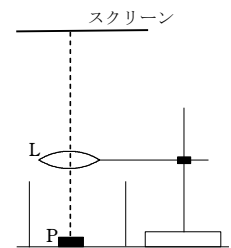
- 鏡 O の回転数を毎秒 n 回としたとき、 α だけ回転するのに要する時間 $t \text{ [s]}$ を求めよ。
- OD 間の距離を l として、 n 、 α 、 l を用いて光の速さ $c \text{ [m/s]}$ を求める式を書け。
- $l=40.0 \text{ m}$ 、 $n=1000$ 、 $2\alpha=0.192^\circ$ のとき、 c の値を求めよ。

ヒント 鏡が α だけ回転する間に、光は OD 間を往復する。

49

床の上に置かれた容器の底面に光源 P があり、その上方 15.0 cm の所に凸レンズが水平に支持されている。

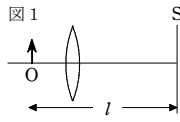
- 容器に何も入っていないとき、レンズの上方 30.0 cm の所にスクリーンを支持すると、光源の鮮明な像が生じた。レンズの焦点距離はいくらか。
- 容器の中に、ある液体を深さ 10.0 cm の所まで入れたとき、レンズから 50.0 cm の高さにスクリーンを支持すると、光源の鮮明な像が生じた。
(ア) 光源から出てレンズに進む光は、液体の深さ何 cm の所から出たかのように進むか。
(イ) 液体の屈折率 n はいくらか。



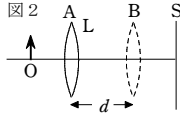
ヒント 角 θ が小さいとき $\sin \theta \approx \tan \theta$ の近似式を用いる。

50

図1のように、物体OとスクリーンSの間に凸レンズを置き、物体Oの実像をS上に結びさせる。OS間の距離を l とする。



(1) 凸レンズをOS間で移動させたとき、ある焦点距離の値 f_0 よりも大きい値のレンズでは、S上に鮮明な像を結びさせることができなかった。この f_0 を l を用いて表せ。



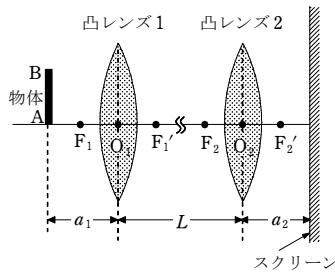
(2) 図2のように、凸レンズLをOからSまで移動させたとき、距離 d 離れたA、B2点でS上に鮮明な像が得られた。凸レンズLの焦点距離 f を l 、 d を用いて表せ。

(3) レンズLがS上につくる像の大きさを、Lが位置Aにあるとき h_1 、位置Bにあるとき h_2 とする。このとき、物体Oの大きさ h を h_1 、 h_2 を用いて表せ。

51 レンズと物体との距離を x 、凸レンズの焦点距離を f として、写像公式から x についての2次方程式を立てる。(1)では、 x が実数となる条件、判別式 ≥ 0 を考える。(2)、(3)では、写像公式で a と b の値を交換しても式が成り立つことを考える。

51

図に示すように、棒状の物体AB、焦点距離 f_1 の凸レンズ1、焦点距離 f_2 の凸レンズ2とスクリーンを直線上に配置したところ、物体ABの実像がスクリーン上に生じた。ここで F_1 、 F_1' はレンズ1の焦点、 F_2 、 F_2' はレンズ2の焦点を表し、 O_1 、 O_2 はそれぞれレンズ1、2の中心である。2つのレンズの光軸は一致し、物体ABとスクリーンは光軸に垂直である。 O_1 と O_2 の距離を L 、物体



ABと O_1 の距離を a_1 ($a_1 > f_1$)、スクリーンと O_2 の距離を a_2 ($a_2 > f_2$) とする。

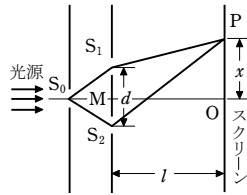
- スクリーンに映された物体の像は、正立像か倒立像か答えよ。
- 物体ABの高さを d_1 としたとき、像の高さ d_2 を a_1 、 a_2 、 f_1 、 f_2 、 d_1 で表せ。

52 レンズ1による物体の像を、レンズ2に対する「物体」とみなして考える。

52

次の を正しく埋めよ。

図のように、単色光源をスリット S_0 およびスリット S_1 、 S_2 を通してスクリーンに当てる。 S_0 と S_1 、 S_2 の中点 M を通る直線とスクリーンの交点を O とする。スリット S_1 、 S_2 の間隔を d 、 MO の距離を l とする。また、空気の屈折率を1とする。これは、実験を行った科学者の名前から の実験とよばれている。



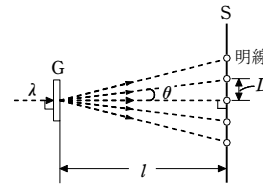
スクリーン上で点Oから距離 x だけ離れた点をPとすると、距離 S_1P は 、距離 S_2P は となる。ここで、 x や d に比べて l が十分大きいとする。 $|a|$ が1に

比べて十分小さい場合に成立する近似式 $\sqrt{1+\alpha} = (1+\alpha)^{\frac{1}{2}} \approx 1 + \frac{\alpha}{2}$ を使うと、 S_2P と S_1P の光路差は となる。波長を λ とすると、点Pで明線となる条件式は m ($m=0, 1, 2, \dots$) を用いて となる。

- 波長 $4.5 \times 10^{-7} \text{ m}$ の青色の単色光源を用いたとき、隣りあう明線の間隔は m となる。ただし、 $d=0.10 \text{ mm}$ 、 $l=1.0 \text{ m}$ とする。
- 波長 $4.5 \times 10^{-7} \text{ m}$ の青色の単色光源と波長 $6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の橙色の単色光源を同時に用いたとき、スクリーン上で、青色と橙色の2色の明線が重なる位置が確認された。2色の明線が重なる位置の間隔は m となる。ただし、 $d=0.10 \text{ mm}$ 、 $l=1.0 \text{ m}$ とする。

53

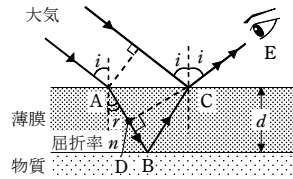
図のように、格子定数 d の回折格子Gに波長 λ の平行光線を垂直に当てて、スクリーンS上に干渉縞(じま)をつくった。GとSの距離を l 、スクリーン上の最も明るい明線と次の明線までの距離を D 、最初の回折角を θ [rad] とする。ただし、 θ は十分小さく、 $\sin \theta \approx \tan \theta$ が成り立つものとする。



- この光の波長 λ を、 d 、 l 、 D を用いて表せ。
- 波長 λ の光のかわりに、白色光を当てたとき、中央の最も明るい明線と次の明線は、それぞれどのようになるか。
- 格子定数 $d=5.0 \times 10^{-6} \text{ m}$ の回折格子に可視光を垂直に当てたところ、回折角 $\theta'=0.10 \text{ rad}$ の方向に干渉縞の明線が観察された。この可視光の波長 λ' を有効数字2桁で求めよ。ただし、可視光の波長範囲は $3.8 \times 10^{-7} \text{ m} \sim 7.7 \times 10^{-7} \text{ m}$ であり、 $\sin \theta' \approx \theta'$ が成り立つものとする。

54

右の図のように、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、この薄膜に入射角 i で入射させた。



- 光が点Bおよび点Cで反射する前後で位相は逆になるか。それとも変わらないか。
- 点Aに入射し点Bで反射して点Cを通過する光と、点Cで反射する光との光路差(光路長の差)を図の屈折角 r を用いて表せ。
- (2)で、両方の光を遠方の点Eで観測したとき、暗く見えるための条件式を求めよ。
- この単色光を薄膜に垂直に入射させたとき、反射光が最も弱められる場合の最小の膜の厚さ d を求めよ。

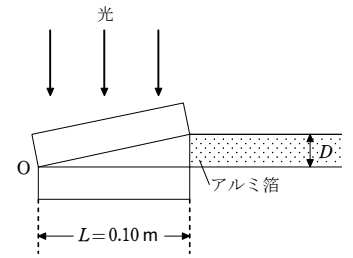
55

水面に厚さ $3.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の油膜が生じている。空気、油、水の屈折率をそれぞれ1.0、1.5、1.3とし、可視光の波長範囲を $3.8 \times 10^{-7} \text{ m} \sim 7.7 \times 10^{-7} \text{ m}$ として、次の を正しく埋めよ。

この油膜に白色光を上から垂直に入射して、その反射光を観察する。このとき、反射光が強められる可視光の空気中での波長は m で、真上から見ると油膜はこの波長の色に見える。

56

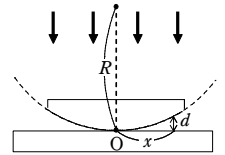
2枚の平行平板ガラスの交点Oから $L=0.10 \text{ m}$ 離れた位置に厚さ D [m] のアルミ箔(はく)をはさむ。真上から波長 $\lambda=6.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の光を当てて、上から反射光を観察すると干渉縞(じま)が見えた。交点Oから x [m] の位置Pでの空気層の厚さを d [m] とする。



- 位置Pに明線が見えるときの $2d$ を λ 、 m ($m=0, 1, 2, \dots$) を用いて表せ。
- 点O付近に見えるのは明線か、それとも暗線か。
- 位置Pに明線が見えるときの x を λ 、 L 、 D 、 m ($m=0, 1, 2, \dots$) を用いて表せ。
- 明線の間隔が 2.0 mm のとき、はさんだアルミ箔の厚さ D [m] はいくらか。
- 2枚のガラス板の間を水で満たす。ガラス板の間が空気の場合と比べて、明線の間隔は何倍になるか。ただし、空気の屈折率を1、水の屈折率を n とする。

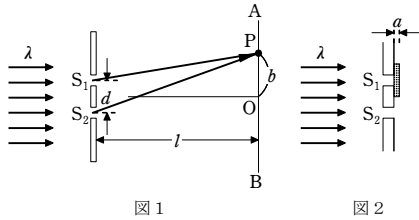
57

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 $\lambda=5.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の単色光を当てて上から観察したところ、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。



58

図1のような装置で、レーザー光線を光源として用いる。S₁, S₂はスリットで、その後にスクリーンABが置いてある。スリットS₁とS₂の間隔をd[m], スリット板からスクリーンABまでの距離をl[m]とするが、lはdに比べて十分大きいとする。また、用いたレーザー光線の空気中の波長をλ[m]とし、空気の屈折率を1.0とする。



(1) スクリーン上の原点Oからその上の距離b[m]の点をPとしたとき、スリットから点Pまでの経路S₁PとS₂Pの光路差を求めよ。lはbに比べても十分大きいとする。

(2) スクリーンAB上に現れる干渉縞(じま)の間隔を求めよ。

次に図2のように、スリットS₁のスクリーン側の面を、厚さa[m], 屈折率nの透明な薄膜でおおったところ、干渉縞の中央明帯の位置がずれた。

(3) 薄膜でおおったときの中央明帯の位置のずれを求めよ。

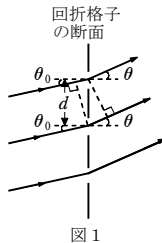
(4) 光の波長λ=4.0×10⁻⁷m, 薄膜の屈折率n=1.2のとき、(3)の位置のずれは干渉縞の間隔の2倍であった。このときの薄膜の厚さa[m]を求めよ。

ヒント 薄膜でおおると、経路S₁Pの光路長は(n-1)aだけ長くなる。

59

回折格子に平面波の光を当てると、回折格子の後方に置かれたスクリーン上に干渉縞(じま)が現れる。

スリット間隔(格子定数)dの回折格子に、波長λの平面波の光を当てたとき、明線の方向が回折格子の法線となす角をθとする。

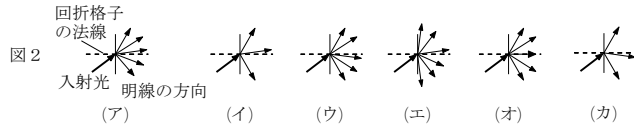


(1) 入射光を回折格子に垂直に当てたとき、sin θをλ, d, および整数mを用いて表せ。

(2) 図1のように入射光の方向を角度θ₀だけ傾けて回折格子に当てたとき、回折前後の波面を考え、隣りあうスリットを通過する光の経路差を求めることにより、sin θをθ₀, λ, d, および整数mを用いて表せ。

(3) (2)において、入射光の進行方向とm=0の明線ができる方向とのなす角を求めよ。

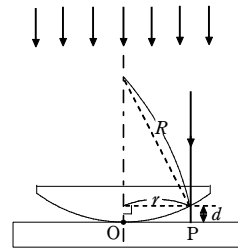
(4) θ₀=30°, λ=0.4dのとき、明線の方向として最も適当なものを図2の(ア)~(カ)の中から1つ選べ。



ヒント (2) 隣りあう2つのスリットを通る光の経路差 = |(回折後の経路差) - (入射前の経路差)|

60

図のように、平面ガラス板の上に球面の半径がR[m]の平凸レンズを置き、その上方から波長λ[m]の単色光を当てると、このときの反射光を上から観察すると、同心円の縞(しま)模様が見える。ガラス板と平凸レンズの接点Oからr[m]の位置Pでの空気層の厚さをd[m]とする。



- 位置Pが暗く見えるときの2dをλ, m(m=0, 1, 2, ...)を用いて表せ。
- 点O付近は明るく見えるか、暗く見えるか。
- 同心円の中心Oからm番目の暗環の半径rをλ, R, m(m=0, 1, 2, ...)を用いて表せ。

ただし、ガラスとレンズの間にはさまれた空気層の厚さは、Rに比べて十分小さいものとする。

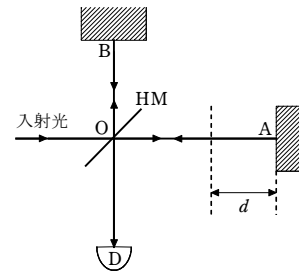
(4) ガラスとレンズの間を屈折率nの液体で満たしたところ、同心円の縞模様の半径が変化した。このとき、中心Oからm番目の暗環の半径r'は、間が空気の場合のm番目の暗環の半径rの何倍になるか。ただし、nはガラスの屈折率より小さいものとし、空気の屈折率は1とする。

(5) 下から透過光を観察した場合も、同心円の縞模様が見える。反射光の縞模様とどのように違うか。

ヒント 球面の半径が大きいので、空気層の上面、下面へ垂直に入射するとみなしてよい。

61

図のHMはハーフミラーで、光路に対して45°の角度で置かれている。AとBはそれぞれ、光路に対して垂直に置かれた2つの平面鏡の上の点である。HMの点Oに、図の左から入射した単色光は透過光と反射光に分かれる。透過光は平面鏡の点Aで反射された後、さらにHMの点Oで反射されて光検出器Dに到達する。一方、反射光は平面鏡の点Bで反射された後、HMの点Oを透過して光検出器Dに到達する。



2つの平面鏡の点Oからの距離を

OA-OB=dになるように置き、入射光の波長を変化させていくと、光路O→A→O→Dと、光路O→B→O→Dを経た光の干渉によって、Dで検出される光の強度が変化する。次の問いに答えよ。

- まず、入射単色光の波長を変えていくと、ある波長λ₁で検出される光の強度が極大値を示した。このときの、dとλ₁の関係を整数mを用いて表せ。
- λ₁から波長を長くしていくと、いったん検出光の強度が減少した後、再度増加を始め、波長λ₂で極大値を示した。このときの、dとλ₂の関係を(1)の整数mを用いて表せ。
- (1)と(2)の結果を用いて、mとdをそれぞれλ₁, λ₂を用いて表せ。

ヒント 位相の変化を求めるため、2つの光がそれぞれ何回反射するかを考える。