

平成 27 年度入学者選抜学力検査問題

理 科

物 理 1 ページ～ 17 ページ

化 学 18 ページ～ 31 ページ

生 物 32 ページ～ 54 ページ

地 学 55 ページ～ 65 ページ

注 意 事 項

1. この冊子は、監督者から解答を始めるよう合図があるまで開いてはいけません。
2. 監督者から指示があったら、解答用紙の上部の所定欄には受験番号、座席番号を、また、下部の所定欄には座席番号をそれぞれ必ず記入しなさい。その他の欄には記入してはいけません。
3. 選択科目として届け出た科目について解答しなさい。それ以外の科目について解答すると失格となります。
4. 解答すべき問題の番号は、各学部・学科ごとに異なるので、各科目の最初に書いてある注意事項の表で確認しなさい。
5. この冊子の余白の部分を計算、下書きに使用してもかまいません。
6. 解答用紙は、記入の有無にかかわらず、持ち帰ってはいけません。
7. この冊子は持ち帰ってかまいません。
8. 落丁、乱丁、または印刷の不備なものがあつたら申し出なさい。

物 理

注意 1. 志望学部・学科により，以下に示す番号の問題を解答すること。

志 望 す る 学 部 ・ 学 科	解 答 す る 問 題 番 号
教 育 学 部 志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5
理 学 部 物理学科志望者	☐ 2 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6
理 学 部 地球科学科志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5 ☐ 6
医 学 部 志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 4 ☐ 6
看 護 学 部 志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5
工 学 部 建築学科，機械工学科，電気電子工学科，情報画像学科志望者	☐ 2 ☐ 4 ☐ 6
工 学 部 都市環境システム学科，メディカルシステム工学科，ナノサイエンス学科，共生応用化学科，画像科学科志望者，およびデザイン学科志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5
園 芸 学 部 志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5
先 進 科 学 プログラム (方式Ⅱ) 物理学分野志望者	☐ 2 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6
先 進 科 学 プログラム (方式Ⅱ) 物理化学・生命化学分野志望者のうち物理を選択する者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5 ☐ 6
先 進 科 学 プログラム (方式Ⅱ) 電気電子工学分野および情報画像分野志望者	☐ 2 ☐ 4 ☐ 6
先 進 科 学 プログラム (方式Ⅱ) ナノサイエンス分野および画像科学分野志望者	☐ 1 ☐ 3 ☐ 5

2. 解答はすべて所定の解答用紙に記入すること。
3. 問題文中に特に指示がない限り，結果のみを解答用紙の該当する欄に記入すること。

- 1 図1のように、床 AB および床 CD からなる動かない上下 2 段の水平な床があり、下段の床 CD 上には質量 M の水平な台が静止している。台の上面は、上段の床 AB と同じ高さで接している。質量 m の小球が速度 v ($v > 0$) で上段の床 AB から台の上に乗るとき、以下の問いに答えなさい。ただし、台や小球の速度と加速度は右向きを正とし、重力加速度の大きさは g とする。また、小球と床 AB との間には摩擦がないものとし、小球の大きさは無視できるものとする。

まず、図1のように、台の上に質量と厚さが無視できる両面粘着テープを取り付けた。小球が両面粘着テープの位置に達すると、台と小球が一体となって床 CD 上をすべり始めた。このとき、小球と台との間、および台と床 CD との間には摩擦がないものとする。

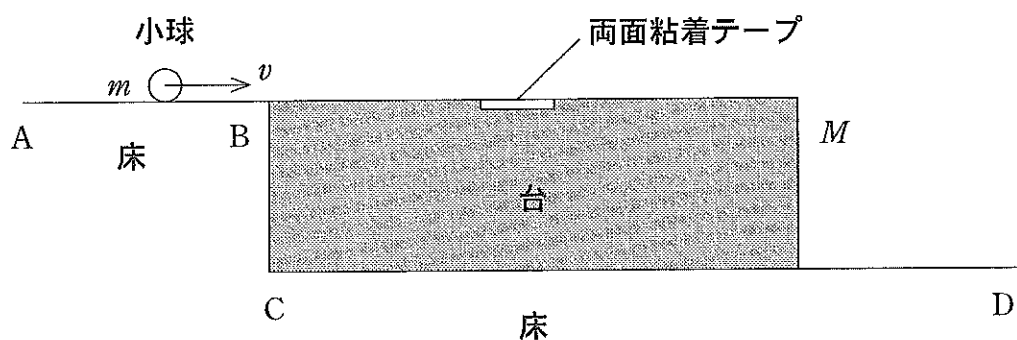


図 1

- 問 1 台と小球とが一体となって床 CD 上をすべり始めたときの速度を M , m , v , g のうち必要な記号を用いて表しなさい。

次に、図 2 のように両面粘着テープをはずして台の上面の材質を変え、小球と台との間に摩擦力が生じるようにした。小球と台との間の動摩擦係数を μ とする。小球は台の上に乗ってから、台の上を距離 ℓ だけ進んで、時間 T_1 後に台上で静止した。ただし、台は床 CD 上で動かないように固定されているものとする。

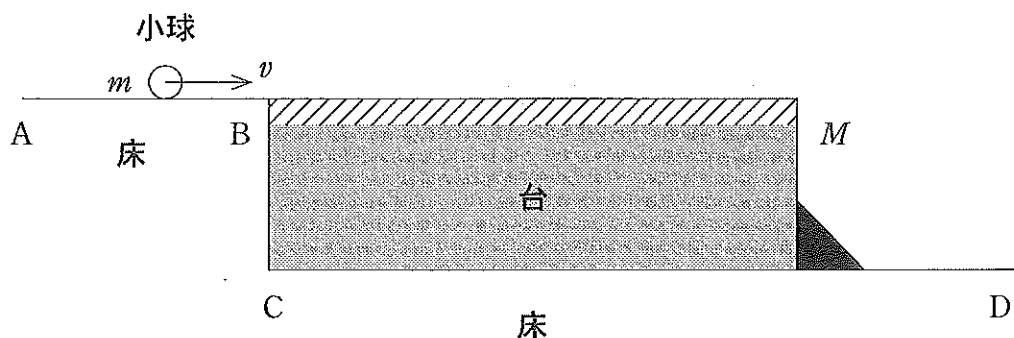


図 2

問 2 T_1 および ℓ の値を M , m , v , g , μ のうち必要な記号を用いて、それぞれ表しなさい。

さらに、図3のように台の固定をはずし、台が床CD上をなめらかにすべるようにしたところ、小球は台に乗ってから時間 T_2 後に台上で静止し、台と一体となって動いた。小球が台の上を移動している間の、床に対する小球および台の加速度をそれぞれ α 、 β とし、台と床CDとの間の摩擦はないものとする。

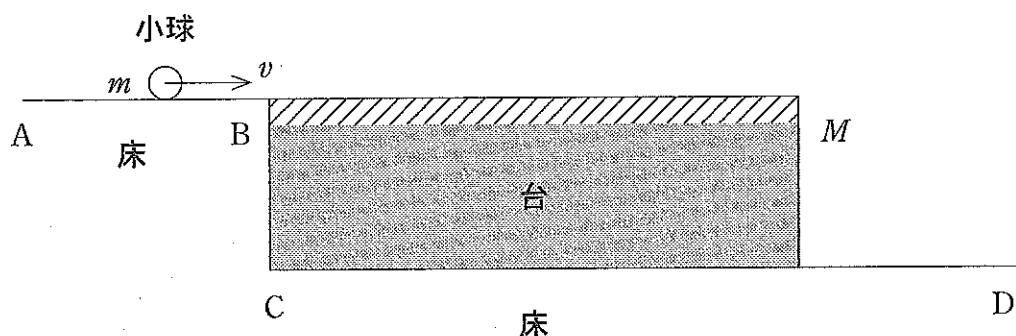


図3

問3 小球が台の上を移動している間の、床に対する小球および台の運動方程式を、 M 、 m 、 v 、 g 、 μ 、 α 、 β のうち必要な記号を用いて書きなさい。

問4のグラフ中に記入する値、ならびに問5、問6は、 M 、 m 、 v 、 g 、 μ のうち必要な記号を用いて答えなさい。

問4 横軸を小球が台に乗ってから経過した時間 t 、縦軸を床に対する小球および台の速度としたグラフを描きなさい。ただし、床に対する小球の速度を破線(-----)で、台の速度を実線(——)で示すものとし、 $t=0$ 、 $t=T_2$ および $t=2T_2$ のときの床に対する小球および台の速度が分かるようにグラフの縦軸に記入しなさい。

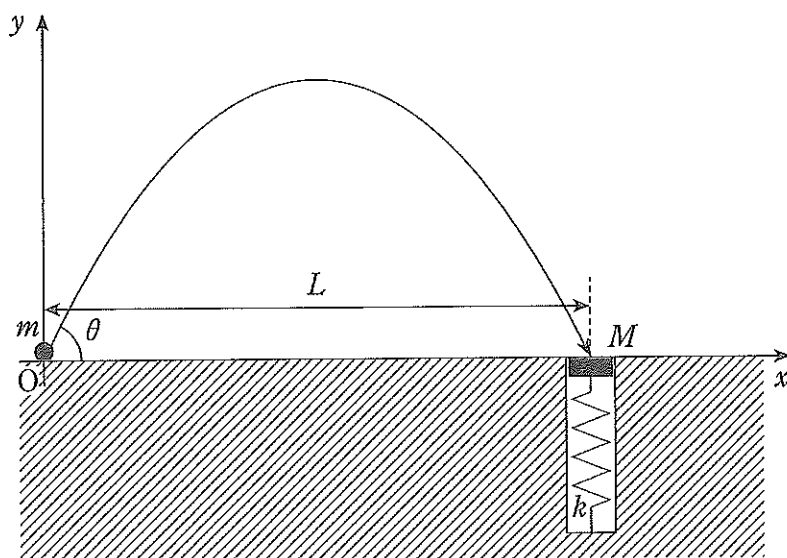
問5 T_2 の値を求めなさい。

問6 小球が台上で静止するまでの間に、台が床CD上を移動した距離を求めなさい。

2 図のように水平右向きを x 軸の正の向き、鉛直上向きを y 軸の正の向きとし、原点 O にある質量 m の小球を地表から打ち上げ、ばねを使った装置に衝突させる場合の運動を考える。

この装置は、ばね定数 k の軽いばねと質量 M の平らな板からなり、図のようにばねの一端に板が取り付けられており、ばねのもう一端は地中に固定されている。板の質量 M は小球の質量 m より大きく、板の厚さは無視できるものとする。この板はその中心が原点から距離 L の位置に設置されており、板の x 軸方向の板幅は距離 L に比べて十分小さい。また、板はそのつりあいの位置において地表と同じ高さにあり、常に水平を保つとする。

初めに、板はつりあいの位置で静止していた。そして、小球が板の中心に衝突するよう、時刻 $t = 0$ に仰角 θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$)、速さ v で小球を打ち上げた。小球と板の衝突は弾性衝突であるとし、小球の運動は xy 平面内に、ばねの運動は y 方向に限られるとする。小球の加速度の x 軸方向と y 軸方向の成分をそれぞれ a_x , a_y 、重力加速度の大きさを g とするとき、以下の問いに答えなさい。ただし、空気抵抗および板とまわりの摩擦の影響は無視できるものとする。



図

問 1 この小球が板に衝突するまでの運動方程式を x 軸方向と y 軸方向のそれぞれについて a_x , a_y , g , m , t , θ のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 2 小球が板に衝突するまでの任意の時刻 t における小球の x 座標, y 座標をそれぞれ g , m , t , v , θ のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 3 距離 L を g , m , v , θ のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 4 板に衝突する直前の小球の速度の y 軸方向の成分を g , m , M , v , θ のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 5 板に衝突した直後の小球と板のそれぞれの速度の y 軸方向の成分を g , k , m , M , v , θ のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

小球が板に衝突した後, 板はつりあいの位置を中心として単振動をはじめ, その後, 小球と再び衝突することはなかった。

問 6 小球が板に衝突した後の板の振動の周期を g , k , m , M , v , θ のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 7 小球が板に衝突した後の板の運動の振幅を g , k , m , M , v , θ のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 8 小球が板に衝突した後, 小球が次に地表と接する地点の x 座標を g , k , L , m , M , v のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

問 9 小球が板に衝突した後, 小球が次に地表と接する時刻を g , k , L , m , M , θ のうちから必要な記号を用いて表しなさい。

3 図1のように、単位長さあたりの質量が ρ 、長さが L の十分に細い導体棒がある。その導体棒のそれぞれの端には長さ ℓ の絶縁体でできたひもがとりつけられており、導体棒が水平になるように水平な天井からつるされている。このとき、2本のひもはともに鉛直方向を向いていた。導体棒の両端には十分に細い導線がとりつけられ、抵抗値 R の抵抗を通して、起電力 E の直流電源につながれている。この導体棒に磁束密度 B の一様な磁場をかけることを考える。

ただし、図1に示すように、導体棒と平行に x 軸(紙面右向きが正)、鉛直方向に z 軸(上向きが正)、それらと垂直な方向に y 軸(紙面手前から奥の向きが正)をとる。重力加速度の大きさを g とする。また、導線や導体棒の抵抗、電源の内部抵抗、空気抵抗や摩擦の影響、導体棒の運動にともなう誘導起電力、導線の質量、導線が磁場から受ける力は無視できるとする。導体棒は常に x 軸に平行になっており、 x 軸方向には運動しないとして、以下の問いに答えなさい。

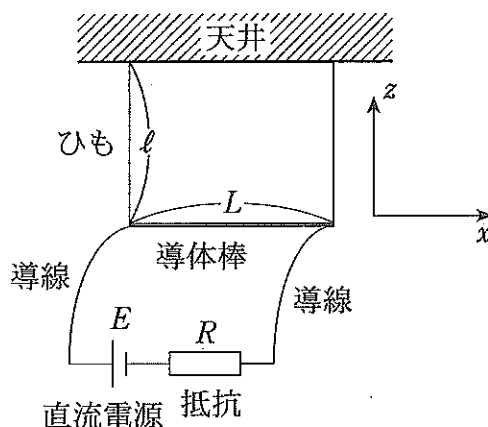


図1

まず、磁場をかけていない場合を考える。

問1 導体棒に流れる電流の大きさ I を E と R を用いて表しなさい。

問 2 導体棒を x 軸に平行な状態に保ったまま、 y 軸の正の向きに微小な初速度を与えたところ単振動を始めた。このとき、単振動の周期 T_0 を L, ℓ, ρ, g のうち必要な記号を用いて表しなさい。

以下の解答はすべて、 L, ℓ, ρ, g, B, I のうち必要な記号を用いて答えなさい。

次に、 x 軸の正の方向に一様な磁束密度 $B(B > 0)$ の磁場をかけている場合を考える。

問 3 導体棒に流れる電流が磁場から受ける力の大きさ F_1 を求めなさい。

問 4 導体棒に y 軸の正の向きに微小な初速度を与えたところ単振動をはじめた。このとき、単振動の周期 T_1 の T_0 に対する比 $\frac{T_1}{T_0}$ を求めなさい。

今度は、 y 軸の正の方向に一様な磁束密度 $B(B > 0)$ の磁場をかけている場合を考える。

問 5 導体棒に流れる電流が磁場から受ける力の大きさ F_2 を求めなさい。

問 6 導体棒に y 軸の正の向きに微小な初速度を与えたところ、ひもがたるむことなく、導体棒は単振動をはじめた。このとき、単振動の周期 T_2 の T_0 に対する比 $\frac{T_2}{T_0}$ を求めなさい。

4 図1のように、単位長さあたりの質量が ρ 、長さが L の十分に細い導体棒がある。その導体棒のそれぞれの端には長さ ℓ の絶縁体でできたひもがとりつけられており、導体棒が水平になるように水平な天井からつるされている。このとき、2本のひもはともに鉛直方向を向いていた。導体棒の両端には十分に細い導線がとりつけられ、抵抗値 R の抵抗を通して、起電力 E の直流電源につながれている。この導体棒に磁束密度 B の一様な磁場をかけることを考える。

ただし、図1に示すように、導体棒と平行に x 軸(紙面右向きが正)、鉛直方向に z 軸(上向きが正)、それらと垂直な方向に y 軸(紙面手前から奥の向きが正)をとる。重力加速度の大きさを g とする。また、導線や導体棒の抵抗、電源の内部抵抗、空気抵抗や摩擦の影響、導体棒の運動にともなう誘導起電力、導線の質量、導線が磁場から受ける力は無視できるとする。導体棒は常に x 軸に平行になっており、 x 軸方向には運動しないとして、以下の問いに答えなさい。

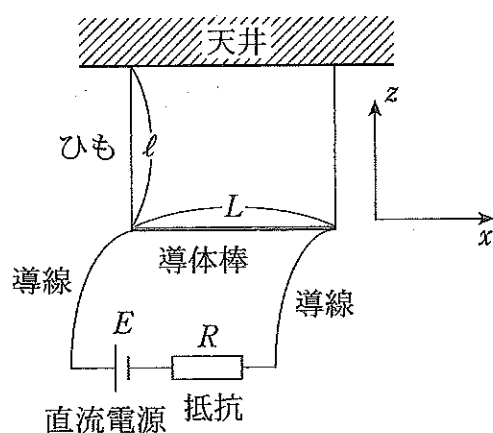


図1

まず、磁場をかけていない場合を考える。

問1 導体棒に流れる電流の大きさ I を E と R を用いて表しなさい。

問 2 導体棒を x 軸に平行な状態に保ったまま、 y 軸の正の向きに微小な初速度を与えたところ単振動を始めた。このとき、単振動の周期 T_0 を L, ℓ, ρ, g のうち必要な記号を用いて表しなさい。

以下の解答はすべて、 L, ℓ, ρ, g, B, I のうち必要な記号を用いて答えなさい。

次に、 x 軸の正の方向に一様な磁束密度 $B (B > 0)$ の磁場をかけている場合を考える。

問 3 導体棒に流れる電流が磁場から受ける力の大きさ F_1 を求めなさい。

問 4 導体棒に y 軸の正の向きに微小な初速度を与えたところ単振動をはじめた。このとき、単振動の周期 T_1 の T_0 に対する比 $\frac{T_1}{T_0}$ を求めなさい。

今度は、 y 軸の正の方向に一様な磁束密度 $B (B > 0)$ の磁場をかけている場合を考える。

問 5 導体棒に流れる電流が磁場から受ける力の大きさ F_2 を求めなさい。

問 6 磁束密度 B がある値 B_0 より大きいとき、ひもがたるむ。その B_0 の値を求めなさい。

問 7 磁束密度 B が問 6 で求めた B_0 より小さいとき、導体棒に y 軸の正の向きに微小な初速度を与えたところ、導体棒は単振動をはじめた。このとき、単振動の周期 T_2 の T_0 に対する比 $\frac{T_2}{T_0}$ を求めなさい。

最後に、 z 軸の正の方向に一様な磁束密度 $B (B > 0)$ の磁場をかけている場合を考える。

問 8 x 軸の正の方向から導体棒をみたとき、図 2 のように導体棒をつるすひもは鉛直方向下向きから角度 $\theta = \theta_0$ だけずれて静止していた。このときも、導体棒は x 軸に平行なままであった。 $\tan \theta_0$ の値を求めなさい。ただし、角度 θ は鉛直方向下向きを 0 とし、図 2 中の矢印の向きを正とする。

問 9 問 8 のように導体棒が静止していたとき、ひもと導体棒との両方に直交する方向に微小な初速度を与えたところ、導体棒は単振動をはじめた。このとき、単振動の周期 T_3 の T_0 に対する比 $\frac{T_3}{T_0}$ を求めなさい。

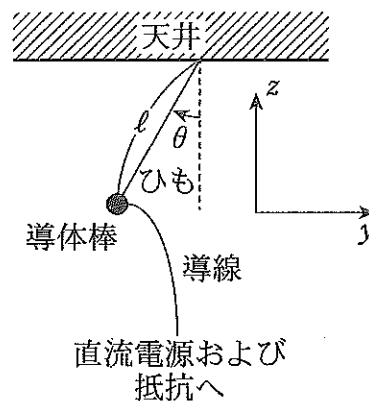
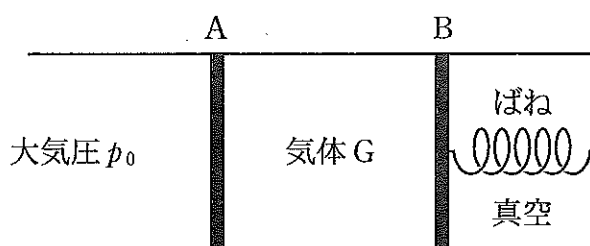


図 2

- 5 図のように、なめらかに動く2つのピストンA、Bのついた断面積 S の円筒形の容器を、大気圧 p_0 中で水平に置く。ピストンAとBの間には n モルの理想気体Gが閉じ込められている。気体Gの定積モル比熱は C_V である。また、ピストンBの右側は真空状態で、ばね定数 k のばねが取り付けられている。問題文中で述べられている場合以外は気体Gと外部との熱のやり取りはないものとする。問題文中に定義された記号を用いて、以下の問いに答えなさい。気体定数を R とする。



図

はじめの状態では、気体Gの圧力は大気圧と等しく p_0 、体積は V_0 で、ピストンA、Bは静止していた。

問 1 ばねは自然長からどれだけ縮んでいるか、縮んだ長さを求めなさい。

問 2 気体Gの温度を求めなさい。

次に、ピストン B を動かないように固定して気体 G をゆっくりあたためたところ、ピストン A が動いて、気体 G の体積は V_1 になった。

問 3 この間に気体 G が外部にした仕事を求めなさい。

問 4 このときの気体 G の温度を求めなさい。

問 5 この間の気体 G の内部エネルギーの増加量を求めなさい。

問 6 この間に外部が気体 G に与えた全熱量を求めなさい。

次に、気体 G をはじめの状態に戻して、ピストン A を動かないように固定し、ピストン B が自由に動けるようにした。その後、気体 G をゆっくりあたためたところ、ピストン B が右に距離 a だけ移動して静止した。

問 7 このときの気体 G の温度を求めなさい。

問 8 ピストン B が移動する間に気体 G がばねにした仕事を求めなさい。

6. 音源と観測者が同じ xy 平面内にあって、音源のみが xy 平面内で動く場合のドップラー効果を考えよう。以下の問いに答えなさい。

I.

図1のように、原点 O を通り x 軸から角度 $\theta (0^\circ < \theta < 90^\circ)$ だけ傾いた直線上を、音源 P が図の右上方向に一定の速さ v で移動している。時刻 $t = 0$ で原点 O を通過した瞬間から、音源が一定の振動数 f の音を出し続けた。この音を x 軸上の点 $A(L, 0)$ (ただし、 $L > 0$) で観測したところ、観測された音の振動数 f_m は f とは異なっていた。この現象について、以下の問いに答えなさい。ただし、音速を V とし、 v は V より小さいものとする。

問 1 点 A で初めて観測された音の振動数 f_{m0} について記した以下の文中の空欄 1 ~ 5 に入る式を答えなさい。なお、解答には f , v , V , L , θ , ならびに以下の文中で定義される Δt のうち必要な記号を用いなさい。

時刻 $t = 0$ で音源 P が原点 O を通過してから短い時間 Δt の間に、音源が発する波の数 n は、1 となる。原点 O で出た音が点 A に届く時刻 t_1 は 2 である。

一方、時刻 $t = \Delta t$ での音源の位置を点 B とすると、点 B の座標は (3 , 4) となる。よって、点 B で出た音が点 A に届く時刻 t_2 は $\Delta t +$ 5 である。

したがって、点 A では時間 $\Delta t' (= t_2 - t_1)$ の間に n 個の波が届く。この $\Delta t'$ の短い時間内では、観測される音の振動数 f_{m0} は一定とみなせるので、観測される音の振動数 f_{m0} は $\frac{n}{\Delta t'}$ となる。 $\Delta t'$ は Δt と異なるので、 f_{m0} は f と異なる値となる。

問 2 点 A で初めて観測された音の振動数 f_{m0} を, f , v , V , θ を用いて表しなさい。ただし, Δt は十分小さいので $(\Delta t)^2$ の項は無視してよい。さらに, 必要な場合には, $|x|$ が 1 に比べて十分小さいときの近似式 $\sqrt{1+x} \doteq 1 + \frac{1}{2}x$ を用いなさい。

問 3 音源 P が移動するにしたがって, 音源 P から見た観測点の方向は変わっていく。このとき, 点 A で観測される音の振動数 f_m は, 音が初めて観測されたときの値 f_{m0} から, 時間とともにどのように変化するか。次の (ア)~(オ) のうちから, 一つ選んで記号で答えなさい。

- (ア) 減少し続ける
- (イ) 増加し続ける
- (ウ) 一定で変化しない
- (エ) 最初は増加し, その後は減少し続ける
- (オ) 最初は減少し, その後は増加し続ける

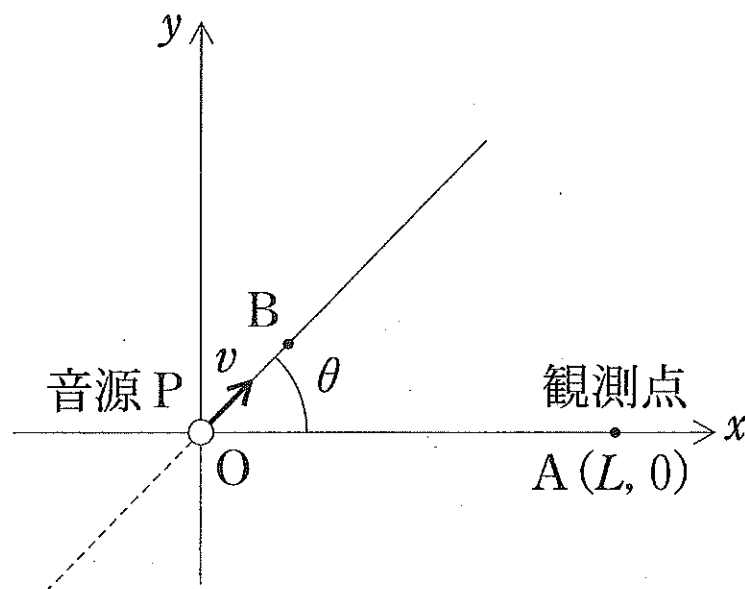


図 1

II.

図2のように、原点 O を中心として、半径 r 、周期 T で反時計回りに、音源 P が等速円運動をしている。時刻 $t = 0$ で音源 P が点 $C(r, 0)$ を通過した瞬間から、音源 P が一定の振動数 f の音を出し続けた。この音を x 軸上の点 $A(L, 0)$ (ただし、 $L > r$) で観測したところ、観測された音の振動数 f_m は時間とともに変化した。この現象について、以下の問いに答えなさい。

ただし、音速を V とし、音源 P の速さは V より小さいものとする。さらに、音源 P が出す音波の周期は T より十分小さいものとする。

線分 OP の線分 OC からの回転角を ϕ (反時計回りのときを正) とする。

問 1 点 A で観測される振動数が最小となる音を出す時の音源 P の位置を点 D とし、線分 OD の線分 OC からの回転角を ϕ_D とする。このとき、 r 、 L 、 ϕ_D の間に成り立つ関係式を書きなさい。

次に、点 A で観測される音の振動数の時間変化について考える。

問 2 点 A で音が初めて観測された時刻 t_A を、 f 、 V 、 r 、 T 、 L のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問 3 点 A で音が初めて観測された時刻 t_A から時刻 $t_A + T$ までの間の f_m の時間変化の様子について考えよう。なお、以下の(1)、(2)では、 f 、 V 、 r 、 T 、 L のうち必要な記号を用いて表しなさい。

- (1) 時刻 t が $t_A \leq t \leq t_A + T$ の範囲における f_m の最大値と最小値を求めなさい。
- (2) 時刻 t が $t_A \leq t \leq t_A + T$ の範囲において、 f_m が f と等しくなる時刻をすべて求めなさい。
- (3) 時刻 t が $t_A \leq t \leq t_A + T$ の範囲における f_m の時間変化の概略を、解答欄のグラフに書きなさい。なお、グラフ中には、上の(1)、(2)で求めた値を記さなくてよい。

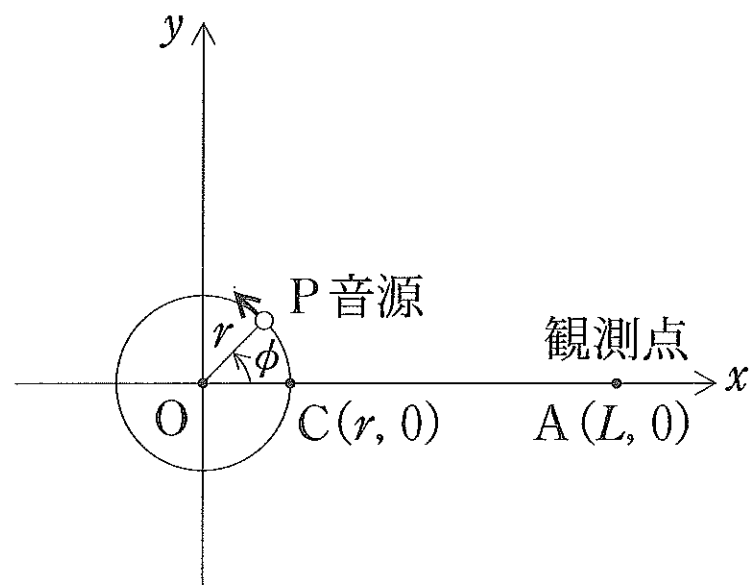


図 2