

平成 21 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～ 30 ページ

生 物 31 ページ～ 53 ページ

地 学 54 ページ～ 62 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、各科目の最初にか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进行計算、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。

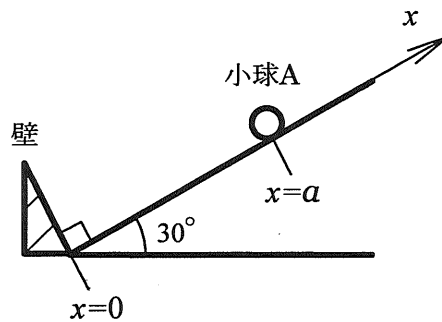
物 理

注 意 1. 志望学部・学科別により、以下に示す番号の問題に解答すること。

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 8
理学部 物理学科志望者	2 4 7 8
理学部 地球科学科志望者のうち物理を選択する者	1 5 6 8
医学部 志望者のうち物理を選択する者	3 4 6
工学部 志望者のうち物理を必須とされている者および選択する者	3 4 6 8
園芸学部 志望者のうち物理を選択する者	1 5 8
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 物理学分野志望者	2 4 7 8
先進科学プログラム(方式Ⅱ) 物理化学分野志望者のうち物理を選択する者	2 4 7 8
先進科学プログラム(方式Ⅱ) ナノサイエンス分野志望者のうち物理を選択する者	3 4 6 8

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 図のように、水平面と 30° の角度をなす、なめらかな斜面がある。斜面に沿って x 軸をとり、上る向きを正の向きとする。速度も、斜面に沿って上る向きを正の向きとする。斜面の下端を x 軸の原点とし、そこには斜面に対して垂直な壁がある。この斜面を、質量 m の小球 A が時刻 $t = 0$ において、 $x = a$ の位置から静かにすべりはじめる。ここで、小球の大きさは無視することができ、 $a > 0$ とする。重力加速度の大きさを g 、小球 A と壁の間の反発係数の値は e とする ($0 < e \leq 1$)。このとき、以下の問いに答えなさい。解答は a, e, g, m の中から必要なものを使って表しなさい。



図

- 問 1 小球 A が壁に衝突する時刻 t_1 を求めなさい。
- 問 2 小球 A が壁に衝突する直前の速度 v_1 を求めなさい。
- 問 3 小球 A が壁に衝突した直後の速度 v_1' を求めなさい。
- 問 4 衝突直前と直後の小球 A の運動エネルギーの差 ΔE を求めなさい。運動エネルギーが増加する場合は正の値で、減少する場合は負の値で示しなさい。

問 5 小球 A は壁に衝突した後，斜面を上る。小球 A が到達する x の最大値 x_1 を求めなさい。

問 6 小球 A が，最初に壁に衝突してから，再び壁に衝突するまでの時間 T_1 を求めなさい。

問 7 小球 A は壁との衝突と斜面に沿っての上り下りを繰り返す。小球 A が n 回目に壁に衝突してから $(n + 1)$ 回目に壁に衝突するまでの時間 T_n を求めなさい。 n は正の整数とする。解答には n を使ってよい。

問 8 n 回目に壁に衝突してから小球 A が到達する x の最大値 x_n を求めなさい。解答には n を使ってよい。

問 9 反発係数 $e = \frac{1}{2}$ のときに，小球 A が時刻 $t = 0$ ですべり始めてから壁に 3 回衝突するまでの間の時刻 t と斜面上の位置 x との関係を図示しなさい。図は，解答欄に示すように，時刻 t を $\sqrt{\frac{a}{g}}$ で除した $\frac{t}{\sqrt{\frac{a}{g}}}$ を横軸に用いて，位置 x を a で除した $\frac{x}{a}$ を縦軸に用いて描きなさい。

2

図のように、点 O を中心とする半径 a の細いリングに、穴の空いた質量 m の小球 P を通して鉛直に立てた。いま、リングの上端を点 A 、下端を点 B とする。このリングを、点 $A-O-B$ を結ぶ直線を軸にして、モーターによりいろいろな角速度 ω で回転させる。小球 P はリングとなめらかに接触しており、摩擦は無視できる。小球がリングから受ける垂直抗力の大きさを N 、重力加速度の大きさを g 、 $\angle BOP = \theta$ とする。以下の問いでは、リングと一緒に回転する観測者が見た小球 P の運動について考えてみる。

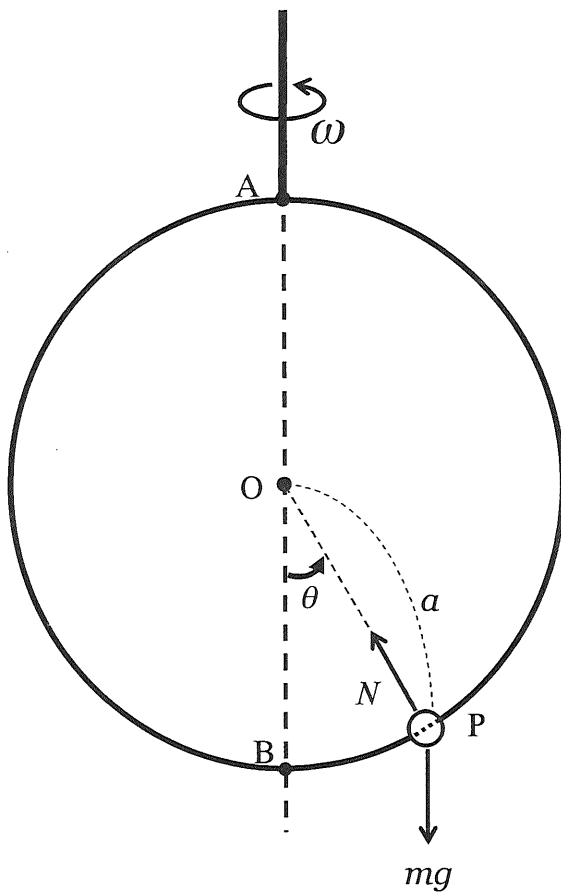
問 1 最初、モーターはとまっており、リングは静止していた。このときの小球のつり合いの位置は下端の点 B である。小球 P を点 B から微小な角度 $\Delta\theta$ だけ持ち上げて放すと、小球は点 B の周りに単振動した。振動の周期 T を求めなさい。なお、角度 $\Delta\theta$ が微小な場合、 $\sin \Delta\theta \doteq \Delta\theta$ 、 $\cos \Delta\theta \doteq 1$ と近似しなさい。

問 2 リングを角速度 ω で回転させた場合、角度 θ の位置にある小球 P に働くリング接線方向の力の成分を求めなさい。ただし、接線方向の成分は、 θ が大きくなる方向を正にとる。

問 3 リングをゆっくりと小さい角速度 ω で回転させたとき、小球 P のつり合いの位置は点 B であった。小球 P を点 B から微小な角度 $\Delta\theta$ だけ持ち上げて放したとき、小球 P の振動する周期 T を求めなさい。なお、角度 $\Delta\theta$ が微小な場合、 $\sin \Delta\theta \doteq \Delta\theta$ 、 $\cos \Delta\theta \doteq 1$ と近似しなさい。

問 4 引き続き、リングの角速度 ω をゆっくりと増加させる。小球 P を点 B からわずかにずらして放した場合、角速度 ω がある値 ω_c を超えると、小球 P は点 B に戻らなくなった。このときの角速度 ω の値 ω_c を求めなさい。

問 5 リングの角速度をさらに増加させると、小球 P のつり合う位置が $\theta = \frac{\pi}{3}$ になった。そのときの角速度 ω の値 ω_0 と、つり合いの位置での垂直抗力 N の値 N_0 を求めなさい。



☒

3 図1のように、おもり1とおもり2が、それぞれ伸び縮みしない長さ l の糸で天井からつり下げられている。おもり1を鉛直線と角度 α をなす位置から静かにはなすと、おもり1は、最下点 O で静止しているおもり2と衝突した。衝突後、図2のように、おもり1とおもり2は右の方向へ振れ、おもり1とおもり2の振れが最大になったときの鉛直線となす角度が、それぞれ β と γ になった。以下の問いに答えなさい。ここで、重力加速度の大きさを g とし、重力による位置エネルギーは最下点 O において0とする。また、糸はたるむことはなく、空気抵抗や摩擦は考えないものとする。解答の過程では、三角関数の公式 $\cos \theta = 1 - 2 \sin^2 \frac{\theta}{2}$ を用いてよい。なお、 $\sin \frac{\alpha}{2} = a$, $\sin \frac{\beta}{2} = b$, $\sin \frac{\gamma}{2} = c$ とする。

問1 おもり1がおもり2に衝突する直前の速さを v_0 、衝突直後のおもり1とおもり2の速さをそれぞれ v_1 , v_2 とする。 v_0 , v_1 , v_2 の値を、 g , l , a , b , c のうち必要な記号を用いて表しなさい。

問2 おもり1とおもり2の質量をそれぞれ m_1 , m_2 としたとき、 $\frac{m_2}{m_1}$ の値を、 a , b , c を用いて表しなさい。

問3 おもり1とおもり2の間の反発係数を e とするとき、 e の値を、 a , b , c を用いて表しなさい。

問4 衝突後の二つのおもりの最大振れ角を測ることによって、 $\frac{m_2}{m_1}$ と e の値を求めることができる。 β と γ を測定したところ、 $\frac{b}{a} = 0.1$, $\frac{c}{a} = 0.3$ となった。このときの $\frac{m_2}{m_1}$ の値と反発係数 e の値を求めなさい。

問5 衝突前の二つのおもりの力学的エネルギーの和を E とする。衝突後の二つのおもりの力学的エネルギーの和は、衝突により ΔE だけ減少した。 $\frac{\Delta E}{E}$ の値を、 a , b , c を用いて表しなさい。

$\frac{\Delta E}{E}$ と反発係数 e の関係について考えてみよう。おもり 1 とおもり 2 の質量が等しい場合について、以下の問いに答えなさい。

問 6 $\frac{b}{a}$, $\frac{c}{a}$ を、それぞれ e を用いて表しなさい。

問 7 $\frac{\Delta E}{E}$ を、 e を用いて表しなさい。

問 8 $\frac{\Delta E}{E}$ を最大にする e の値を求めなさい。また、そのときの $\frac{\Delta E}{E}$ の値を求めなさい。

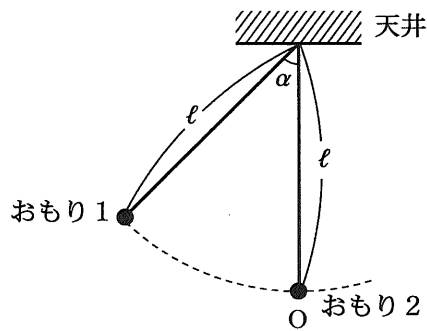


図 1

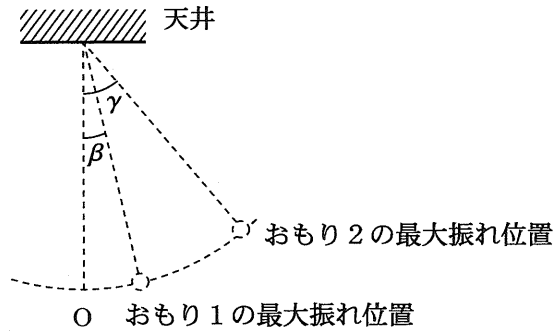


図 2

- 4 図1に示すように、ソレノイド、内部抵抗がない起電力 E の電池、抵抗値 R の抵抗とスイッチ S が直列につながれた回路がある。ソレノイドは長さ l 、巻き数 N 、断面積 A で、長さ l は十分に長くソレノイドの中の磁界は一様である。

問 1 空気の透磁率を μ_0 とし以下の問いに答えなさい。

- (1) ソレノイドに電流 I が流れているとき、ソレノイドの内部の磁界の強さ H と、ソレノイドを貫く磁束 Φ を求めなさい。
- (2) 時間 Δt の間にソレノイドを流れる電流が ΔI だけ変化したとき、ソレノイドに発生する誘導起電力の大きさ V_L を求めなさい。
- (3) このソレノイドの自己インダクタンス L を求めなさい。

問 2 この回路に流れる電流を I として、スイッチ S を閉じているとき、次の関係式が成り立つ。

$$E - L \frac{\Delta I}{\Delta t} = RI$$

以下の問いに答えなさい。

- (1) スイッチを閉じた直後の回路を流れる電流 I は 0 である。この理由を 40 字以内で答えなさい。また、この時の電流の時間に対する変化率 $\Delta I / \Delta t$ はいくらかを求めなさい。
- (2) スイッチを閉じた後、十分に時間が経過した状態での電流 I を求めなさい。
- (3) スイッチを閉じた後の回路に流れる電流 I と、ソレノイドに発生する誘導起電力の大きさ V_L の時間変化をそれぞれ解答欄に図で示しなさい。

問 3 図2に示すような断面が円の金属リングを考えよう。このリングの断面の直径は d で、リングの半径は a である。この金属リングを絶縁体の棒の上に置き、図3のようにソレノイドの中央に配置する。金属リングと棒は磁化しない。また、金属リングの自己誘導や、金属リングに流れる電流が作る磁界がソレノイドに流れる電流に与える影響は無視してよい。リングの金属の抵抗率を ρ として以下の問いに答えなさい。

- (1) この金属リングを一周する電流の感じる電気抵抗 r を求めなさい。ただし、リングの半径 a はリングの断面の直径 d より十分大きいとする。
- (2) スイッチを入れた後、リングに流れる電流 I の方向を解答欄に図示し、その最大値を求めなさい。ただし、ソレノイドの自己インダクタンスは L 、金属リングを一周する電流の感じる電気抵抗は r として良い。
- (3) このとき、金属リングの微小部分 P に作用する力の方向を解答欄に図で示しなさい。また、このリング全体に働く力の大きさ F を求めなさい。

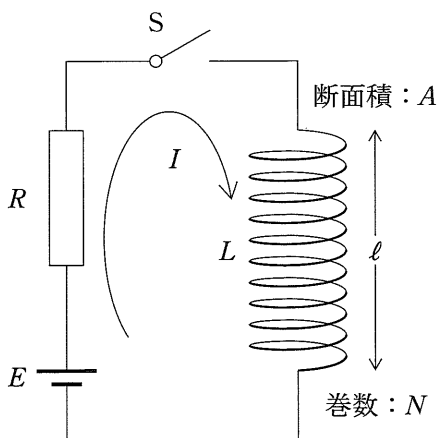


図 1

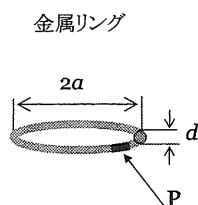


図 2

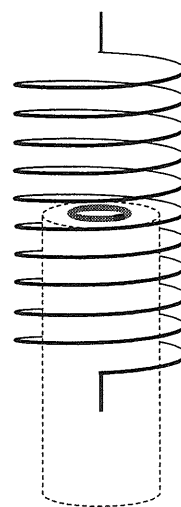


図 3

5 図のように電気容量がそれぞれ C , $2C$ のコンデンサー C_1 , C_2 , 抵抗値がそれぞれ R , $2R$ の抵抗 R_1 , R_2 , 内部抵抗が無視できる起電力 E の電池, スイッチ S_1 , S_2 を接続した。最初, スイッチ S_1 , S_2 は開いており, コンデンサーには電荷が蓄えられていないものとする。まず, スイッチ S_2 を開いたままスイッチ S_1 を閉じる。十分に時間が経過したとき, コンデンサーを流れる電流は 0 になった。その後スイッチ S_2 を閉じ, 十分に時間が経過したとき, 回路を流れる電流は一定になった。電位は図中の点 b を基準とし, C , R , E のうち必要な記号を用いて以下の問いに答えなさい。

問 1 スイッチ S_2 を閉じる直前の, 点 d の電位 V_d を求めなさい。

問 2 スイッチ S_2 を閉じる直前の, 抵抗 R_1 を流れる電流の大きさ I を求めなさい。

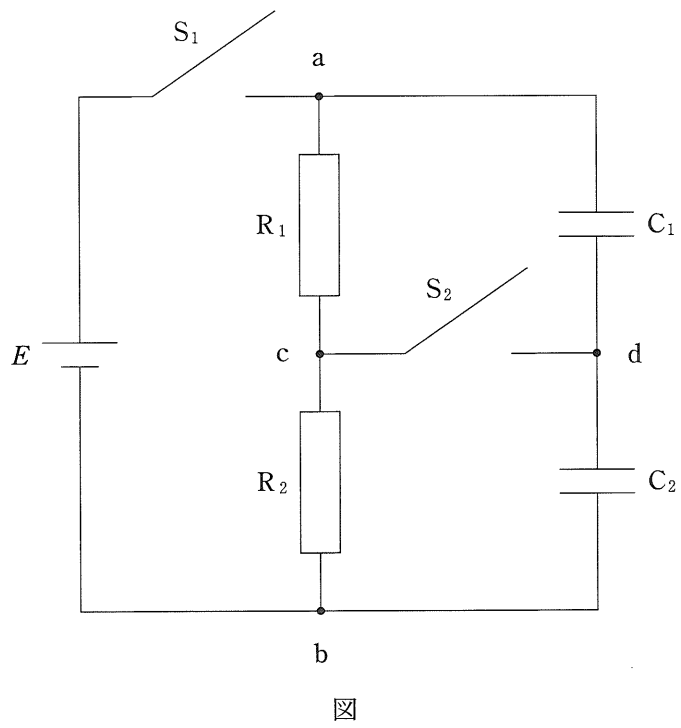
問 3 スイッチ S_2 を閉じて十分に時間が経過したときの, 点 d の電位 V_d' を求めなさい。

問 4 スイッチ S_2 を閉じてから, 十分に時間が経過するまでにスイッチ S_2 を通って点 c から点 d に向かって流れた電気量 Q を求めなさい。

その後, スイッチ S_2 を開き, 続いてスイッチ S_1 を開いた。十分に時間が経過したとき, 回路を流れる電流は 0 になった。以下の問いに答えなさい。

問 5 スイッチ S_1 を開いてから, 十分に時間が経過するまでに抵抗 R_1 , R_2 を通って点 a から点 b に向かって流れた電気量 Q' を求めなさい。

問 6 スイッチ S_1 を開いてから, 十分に時間が経過するまでに抵抗 R_2 で発生するジュール熱 P を求めなさい。



6 図1のように、周波数 f_0 の音源を設置した船Aが周波数 f_0 の音を発しながら、速さ u で進行方向に鉛直に切り立った岸壁に近づいている。また、船Aの後方には、船Bが静止している。音速を V として、 u 、 V 、 f_0 のうち必要な記号を用いて、以下の問いに答えなさい。ただし、無風であるとする。また、 u は V より十分小さいとする。

問1 船Bに乗った人が音源から直接観測する音の波長 λ_1 を求めなさい。

問2 船Bに乗った人が音源から直接観測する音の周波数 f_1 を求めなさい。

問3 岸壁で反射されて船Bに向かう音の周波数 f_2 を求めなさい。

問4 船Bに乗った人は、音源から直接観測する音と岸壁から反射された音を同時に観測する。このとき、船Bに乗った人が観測するうなりの周波数 f_3 を求めなさい。

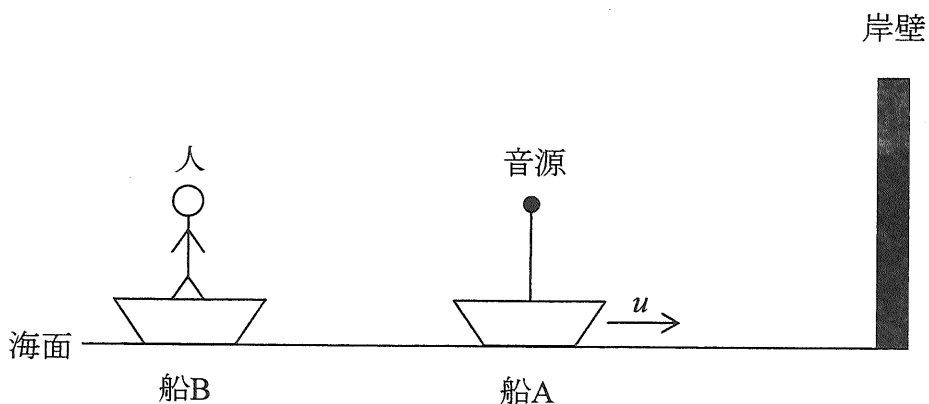


図1

次に、船 A の進行方向が岸壁に対して垂直でない場合を考える。図 2 は船 A の動きを真上から見た図である。周波数 f_0 の音源を設置した船 A が速さ u で、鉛直に切り立った岸壁に対して角度 θ で岸壁上の点 O に近づいている。一方、船 B は点 O から見て船 A とは逆の角度 θ の方向に静止している。このとき、時刻 $t = 0$ から $t = T$ までの間、音源は周波数 f_0 の音を発した。音速を V として、 u , V , f_0 , θ , T のうち必要な記号を用いて、以下の問いに答えなさい。

問 5 点 O で反射されて船 B に向かう音の周波数 f_4 を求めなさい。

問 6 船 B に乗った人が点 O で反射された音を観測する時間 T_1 を求めなさい。

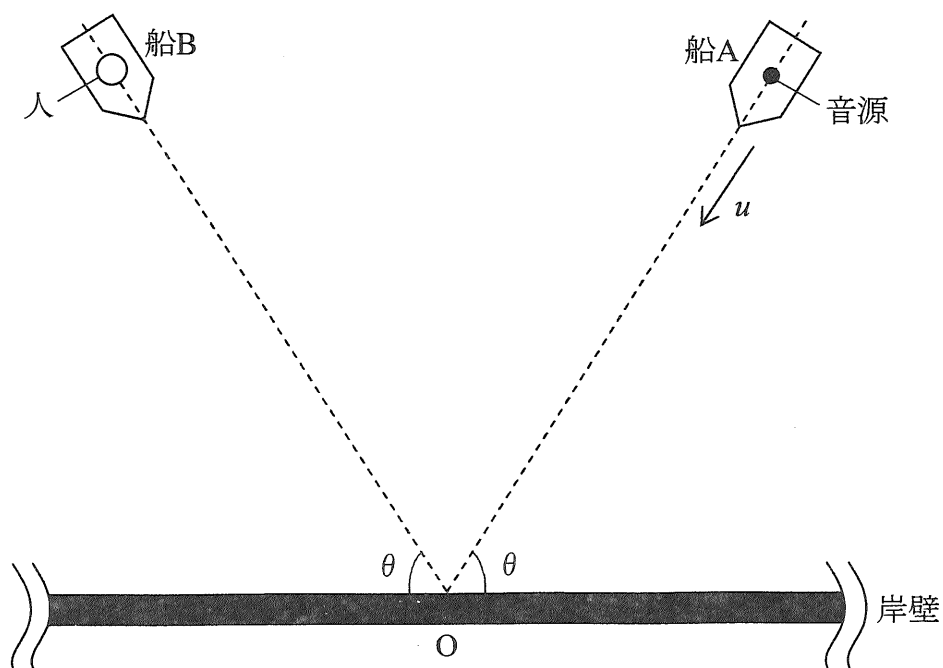
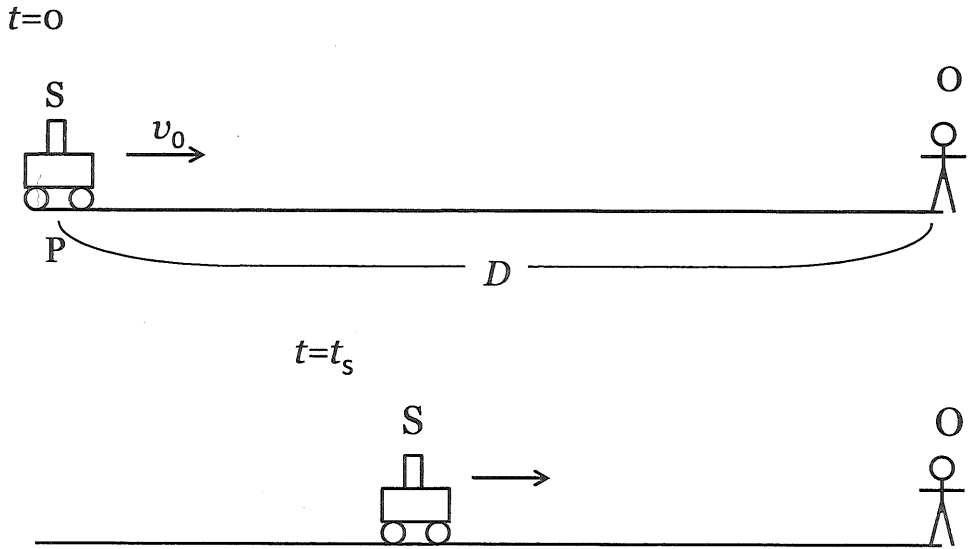


図 2

- 7 一定の加速度で加速しながら近づいてくる音源の音は時間とともにどのように変化するか考察してみよう。図のように音源 S は時刻 $t = 0$ において距離 D 離れた点 P を観測者 O に向かって走っており、そのときの速さは v_0 であった。音源から出される音の周波数は f_0 、音速は V であり、音源の速さは音速 V を超えないものとして、以下の問いに答えなさい。



図

- 問 1 最初に音源の速さが v_0 で一定であった場合を考えよう。
- (1) 時刻 $t_s (> 0)$ から時間 ΔT の間に音源 S から発射された波の個数はいくらか求めなさい。ただし、1 波長の波を 1 個と数えることとする。
 - (2) 時刻 $t_s + \Delta T$ において、時刻 t_s で発射された波面と音源との間の距離を求めなさい。
 - (3) 観測者 O に聞こえる音の周波数を求めなさい。

問 2 次に音源 S が一定の加速度 $a (> 0)$ で加速している場合を考える。問 1 と同様に、音源 S は時刻 $t = 0$ において点 P を観測者 O に向かって走っており、その速さは v_0 であった。

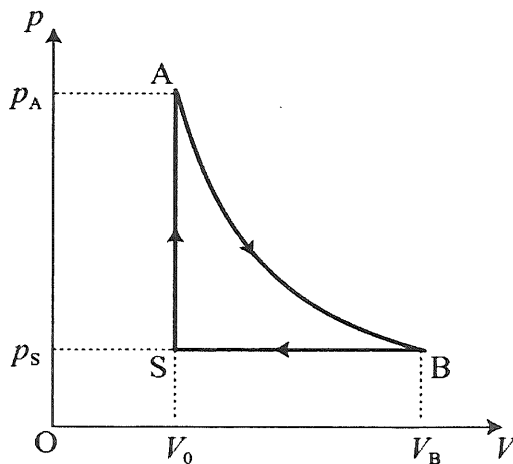
- (1) 時刻 $t_s (> 0)$ から微小時間 ΔT の間に音源 S から発射された波の個数はいくらかを求めなさい。
- (2) 時刻 $t_s + \Delta T$ において、時刻 t_s に発射された波面と音源 S との間の距離を求めなさい。ただし、加速度 a は十分小さく、微小時間 ΔT の間に音源の速さは変化しないものとみなす。
- (3) 音源 S から時刻 t_s に発射された音を観測者 O が聞いた。このとき、観測者 O に聞こえる音の周波数を求めなさい。
- (4) 音源 S が観測者 O に到達する時刻を求めなさい。
- (5) 音源 S が距離 D 離れた点 P から観測者 O を通り過ぎるまでの間に音源 S から発射された音を、観測者 O が聞いた。このとき、観測者 O に聞こえる音の周波数の範囲を求めなさい。

問 3 音波は音源 S から観測者 O に伝わるまでに時間を要するので、観測者 O が時刻 t に聞く音はそれより以前に音源 S から発射された音波である。いま、問 2 と同じく音源 S が一定の加速度 $a (> 0)$ で加速している場合を考える。時刻 $t = 0$ における音源 S の速さは v_0 、音源 S と観測者 O との間の距離は D である。

- (1) 時刻 t_s に音源 S から発射された音が観測者 O に届くまでの時間を求めなさい。
- (2) この音波が観測者 O に届く時刻 t は t_s に(1)で求めた時間を加えたものである。このことを利用して、 t_s を、 D 、 V 、 v_0 、 a および t を用いて書き表しなさい。
- (3) 時刻 t において観測者 O に聞こえる音の周波数を、 D 、 V 、 v_0 、 a 、 f_0 および t で書き表しなさい。ただし、時刻 t には音源 S はまだ観測者 O を通り過ぎていないものとする。

8

1モルの単原子分子の理想気体が、滑らかに動くピストンをもつシリンダー内に閉じ込められている。気体の圧力 p と体積 V を、図のように $S \rightarrow A \rightarrow B \rightarrow S$ とゆっくり変化させた。ただし、 $S \rightarrow A$ は定積変化、 $A \rightarrow B$ は断熱変化、 $B \rightarrow S$ は定圧変化である。各状態 S, A, B の温度を T_S, T_A, T_B 、状態 S の体積を V_0 、気体定数を R として、次の問いに答えなさい。



問 1 各状態 S, A の圧力 p_s, p_A と状態 B の体積 V_B を、 T_S, T_A, T_B, V_0, R のうち必要な記号や数字を用いて表しなさい。

問 2 温度 T_S, T_A, T_B を高い方から順に並べなさい。

問 3 状態 S から状態 A に変化するときの、気体が吸収する熱量 $Q_{S \rightarrow A}$ 、内部エネルギーの増加 $\Delta U_{S \rightarrow A}$ 、ならびに気体が外部にする仕事 $W_{S \rightarrow A}$ を、 T_S, T_A, R のうち必要な記号や数字を用いて表しなさい。

問 4 状態 A から状態 B に変化するときの、気体が吸収する熱量 $Q_{A \rightarrow B}$ 、内部エネルギーの増加 $\Delta U_{A \rightarrow B}$ 、ならびに気体が外部にする仕事 $W_{A \rightarrow B}$ を、 T_A, T_B, R のうち必要な記号や数字を用いて表しなさい。

問 5 状態 B から状態 S に変化するときの、気体が吸収する熱量 $Q_{B \rightarrow S}$ 、内部エネルギーの増加 $\Delta U_{B \rightarrow S}$ 、ならびに気体が外部にする仕事 $W_{B \rightarrow S}$ を、 T_B 、 T_S 、 R のうち必要な記号や数字を用いて表しなさい。

問 6 この系を熱機関としてみなしたときの熱効率 e を T_A 、 T_B 、 T_S のうち必要な記号や数字を用いて表しなさい。ただし、熱効率 e は、系が吸収した熱量 (放出した熱量は差し引かない) のうち、系が外部にする仕事 (外部にした仕事は正、外部からされた仕事は負) の割合として定義される。