

平成 27 年度 入学 試験 問題

理 科

	ページ
物 理	1～11
化 学	12～26
生 物	27～48
地 学	49～56

注 意 事 項

試験開始後、選択した科目の問題冊子及び答案用紙のページを確かめ、落丁、乱丁あるいは印刷が不鮮明なものがあれば新しいものと交換するので挙手すること。

1. 試験開始の合図があるまで問題冊子を開かないこと。
2. 解答は、必ず答案用紙の指定されたところに記入すること。
3. 解答する数字、文字、記号等は明瞭に書くこと。
4. 答案用紙は持ち出さないこと。

物 理

1 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

図1に示すように、摩擦のある水平な床の上に置かれた質量 M [kg]、長さ $2L$ [m] の密度が一樣な剛体の台の片方を重さの無視できるワイヤーで天井に固定してすべり台を作り、物体をすべらせる実験を行う。すべり台の左端を O 端、右端を A 端、重力加速度の大きさを g [m/s²] とする。

ただし、図1の床に沿った方向を x 軸、それに垂直な方向を y 軸とし、すべり台は図のように x - y 平面内で原点 O を中心として回転するだけで、水平および鉛直方向の移動はないものとする。また、すべり台の厚さは無視できるものとする。

I 図1のように、ワイヤーによって A 端を床から持ち上げ、すべり台と床とのなす角度が θ ($0^\circ < \theta < 90^\circ$) となったところで静止させた。このとき、すべり台につながれたワイヤーの張力の大きさ T [N] を次の(1)から(6)の手順にしたがって求めよ。ただし、すべり台の延長線とワイヤーのなす角度は α ($0^\circ < \alpha < 90^\circ$) であり、 $0^\circ < \alpha + \theta < 90^\circ$ とする。

- (1) A 端において、すべり台 OA に対して垂直な力の成分とすべり台 OA に対して平行な力の成分をそれぞれ T 、 α を用いて表せ。
- (2) すべり台が O 端において床から受ける鉛直上向きの抗力を N [N] としたとき、すべり台にはたらく鉛直方向の力のつり合いの関係を考えて、 N を T 、 L 、 M 、 g 、 θ 、 α のうち、必要なものを用いて表せ。
- (3) O 端において、すべり台が床から受ける摩擦力の大きさ F [N] を T 、 θ 、 α を用いて表せ。また、摩擦力の向きは x 軸の正あるいは負、いずれの向きかを答えよ。

- (4) O 端を中心とした重力によるモーメントの大きさを L, M, g, θ, α のうち、必要なものを用いて表せ。
- (5) O 端を中心としたワイヤーの張力 T によるモーメントの大きさを T, L, g, θ, α のうち、必要なものを用いて表せ。
- (6) (4)と(5)から、ワイヤーに加わる張力の大きさ T [N] を L, M, g, θ, α のうち、必要なものを用いて表せ。

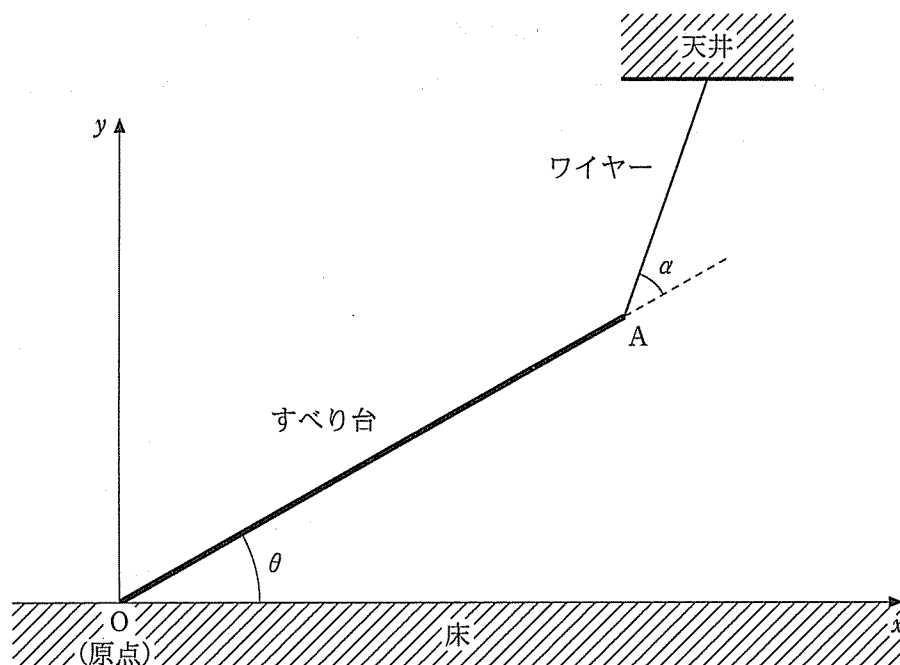


図 1

II 次に、図2に示すようにすべり台の傾きを θ に保ったまま、すべり台のA端側の斜面上に大きさの無視できる物体を静かにのせる実験を行った。

(7) 質量 m_1 [kg]の物体1をのせた場合には、物体は斜面上をすべらずそのまま静止し続けた。物体1とすべり台との間に働く静止摩擦係数を μ とした場合、物体1がすべり台の上で静止し続けるための μ の条件を θ を用いて表せ。

(8) 次に、物体1を斜面から降ろし、質量 m_2 [kg]の物体2をのせると、斜面に沿って下向きにすべり落ち始めた。物体2の加速度の大きさ a [m/s²]を m_2 , g , θ , μ' から必要なものを用いて表せ。ただし、 μ' は物体2がすべり落ちる間の動摩擦係数であり、すべり落ちる間の空気抵抗は無視できるものとする。

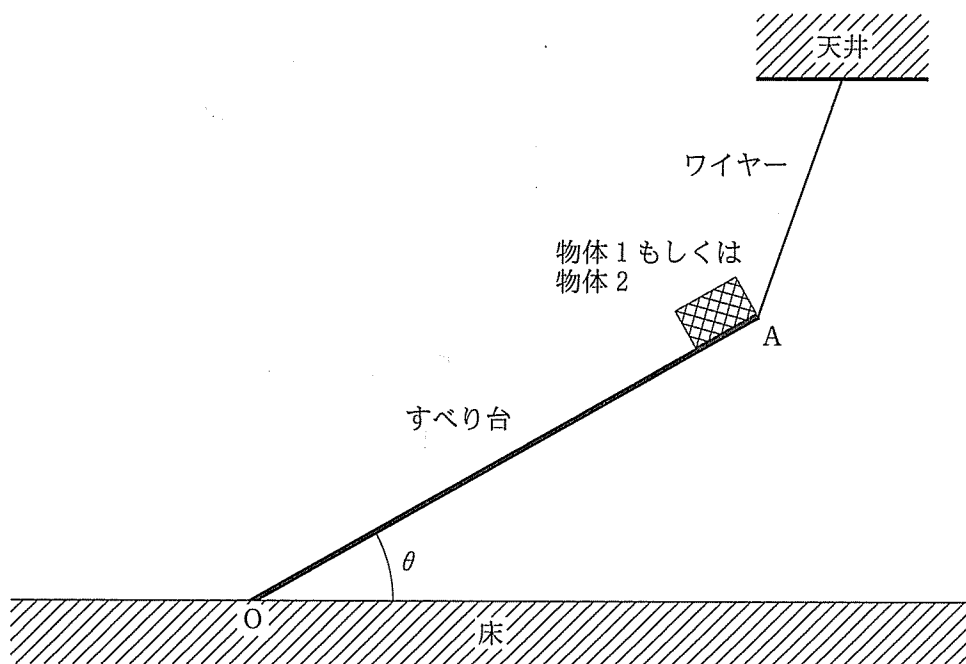
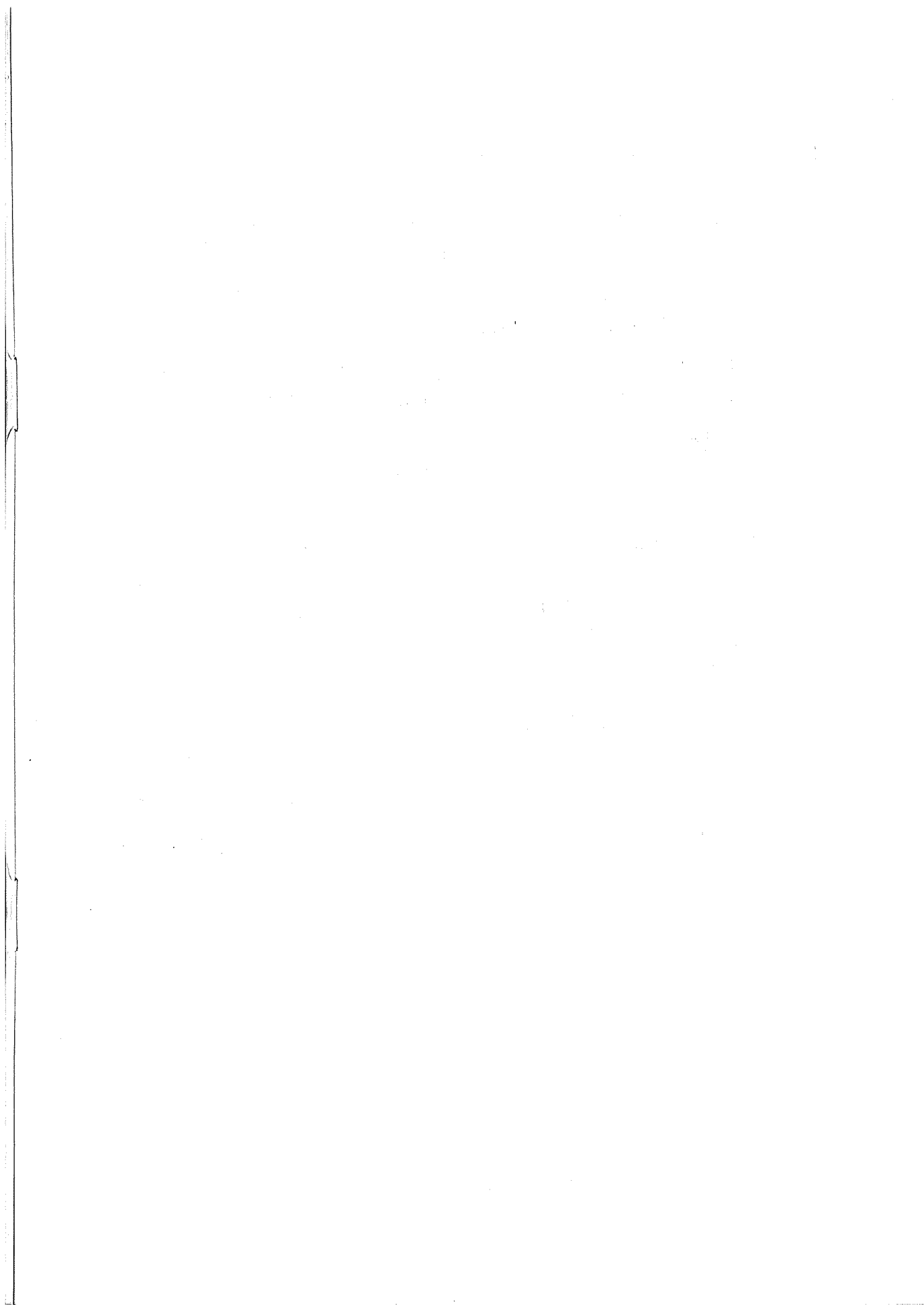







図2

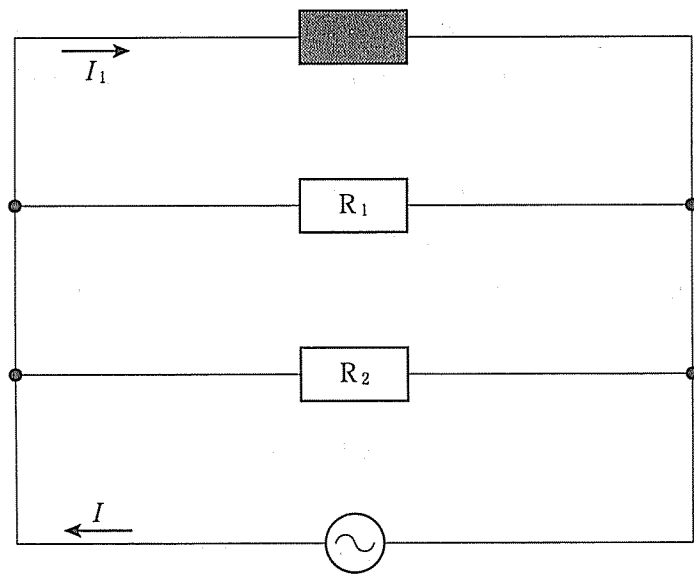


2 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

I 図1は、抵抗 R_1 、 R_2 ならびに  の箇所の一つの素子(抵抗、コンデンサーのいずれか一つ)と実効値 200 V、周波数 60 Hz の交流電圧を発生する電源から構成された回路である。ただし、 R_1 および R_2 の抵抗値はどちらも 2.0Ω であり、電源から流れ出る電流を I 、 の素子に流れる電流を I_1 とする。以下の (ア) から (ク) の空欄を適当な数値または語句で埋めよ。ただし、 $\sqrt{2}$ を 1.41、 $\sqrt{3}$ を 1.73、 π を 3.14 とする。 (ア) と (カ) には「遅れる」、「進む」、「等しい」のいずれかの語句を記入し、(オ) は、 $0^\circ \leq$ (オ) $\leq 180^\circ$ の範囲で解答せよ。

(1)  に抵抗値 2.0Ω の抵抗を挿入する。交流電源の電圧の位相と比較して、電流 I_1 の位相は (ア) である。この時、電流 I 、 I_1 の最大値は、それぞれ (イ) A、(ウ) A であり、 の抵抗で消費される電力は (エ) W である。

(2) 次に、 の抵抗を外して、そのかわりに電気容量(静電容量) $3.0 \times 10^{-5} \text{ F}$ のコンデンサーを挿入する。交流電源の電圧の位相と電流 I_1 の位相のずれは (オ) であり、交流電源の電圧の位相と比較して、電流 I_1 の位相は (カ) である。また、コンデンサーに流れる電流の実効値は (キ) A であり、コンデンサーで消費される電力は (ク) W である。



交流電源

圖 1

II 図2に示すように、正の荷電粒子(質量 m [kg], 電気量 q [C], $q > 0$)が、 x 軸上を真つすぐ正の向きに運動してきて原点 O を v_0 [m/s] の速さで通過したのち、点 A , B , C を通過した。 x 軸上の電位の様子は図3のように示される。 A , B , C の x 座標を、それぞれ x_A , x_B , x_C とする。また、原点 O を電位の基準とし、図3中の V_E は A から B までの電位を示す。

m , q , v_0 , x_A , x_B , x_C , V_E のうち、必要なものを用いて、以下の各問に答えよ。

(ケ) OA 間, AB 間, および BC 間の電界の大きさを求めよ。

(ク) 粒子が OA 間で受ける力の大きさを求めよ。

(カ) 粒子が A を通過するときの速さを求めよ。

(シ) 粒子が A から B まで進むのに要する時間を求めよ。

(ス) 粒子が C を通過するときの速さを求めよ。

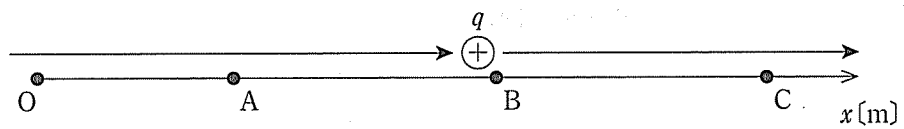


图 2

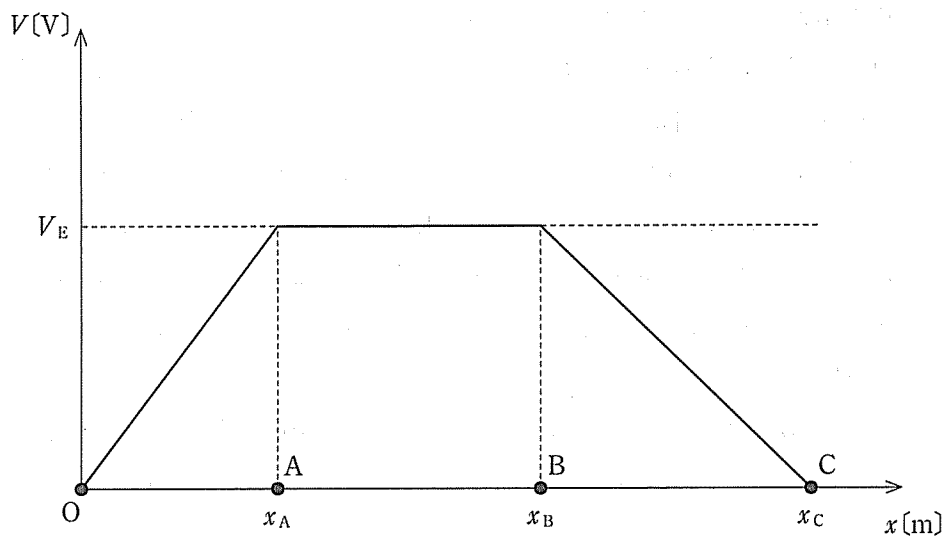


图 3

3 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

わずかに音の高さの異なる2つのおんさ(おんさAとおんさBとする)の音が太郎君に聞こえていて、うなりが生じていた。太郎君がうなりで音が大きくなる回数を数えたところ、その回数は毎秒1回であった。

太郎君は、「山と山の位置がぴったり重なって、だんだんずれて1秒後にまた山と山の位置がぴったり重なるということであろうなりが起きている。そうであれば1秒間に1個分山がずれたということなので、1秒間に到着する山の数は1個だけ異なる。1秒間に山から山までが何回到着するかが振動数なので、これは振動数が1 Hz 異なるということを示している」と考えた。そこで太郎君は、「実際にはこんなに低い音は聞こえないが、原理を考えるためだ」と思って、おんさAからの音波は太郎君の耳のところで振動数が4 Hz の正弦波であるとして、その1秒分を図1の上段に描き、つぎに4 Hz よりも1 Hz 低い3 Hz の正弦波を図1の下段に描いた。

ところが、図1では太郎君が考えたような山と山の位置がぴったりと重なるということは起こっておらず、太郎君の考えとは少し異なっている。

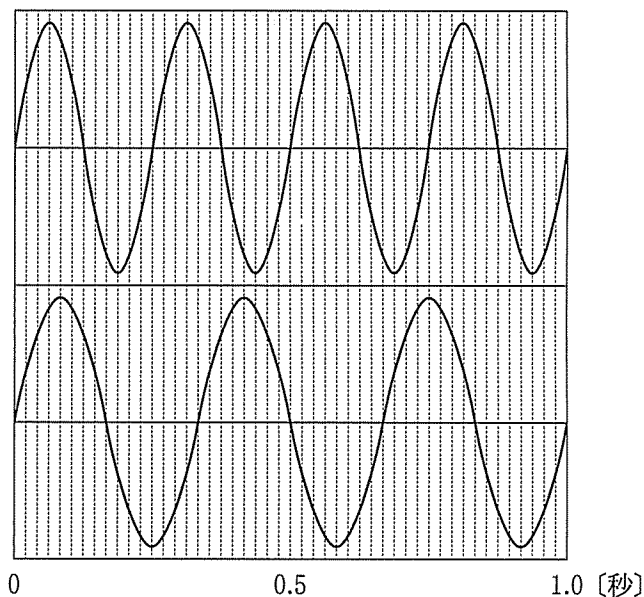


図1

- (a) 答案用紙に示した 4 Hz の正弦波の 1 つ目の山に、1 つ目の山の位置がぴったりと重なる 3 Hz の正弦波を $\frac{1}{3}$ 秒分、答案用紙に記せ。波形は山の位置、谷の位置、変位が 0 の位置については正確に、それ以外はおおよその形で構わないものとする。
- (b) 実際の音波でも図 1 のように、山と山の位置がぴったりと重なることがない場合があると考えられるが、そのときうなりは生じるか。「生じる」、「生じない」で答えよ。
- (c) 図 1 の上段の振動を引き起こした波の式を示せ。ただし、座標としては、おんさから太郎君の耳へ向かう x 軸のみを考え、太郎君の耳の位置を原点とする。時間は図 1 の左端の位置を原点とし、秒を単位とする。変位 y を、座標 x 、時間 t 、音速 v 、振幅 A の式で表すことにし、答案用紙の枠内を埋めよ。 π は円周率である。
- (d) 次に、急に風が吹いてきて、最終的に音速の $\frac{1}{100}$ の速度で空気が 2 つのおんさから太郎君の方向に移動している状態になった。うなりの数は毎秒何回となるか。ただし、2 つのおんさの実際の振動数はわかっていないものとし、2 つのおんさ間の距離は太郎君とおんさの間の距離に比べて十分小さいものとする。
- (e) 次に風はおさまり、空気の移動はなくなったが、今度は 2 つのおんさが移動をはじめ、両方とも音速の $\frac{1}{100}$ の速度で太郎君の方向に移動するようになった。このときのうなりの数は毎秒何回となるか、既約分数で答えよ。ただし、2 つのおんさの実際の振動数はわかっていないものとし、2 つのおんさ間の距離は太郎君とおんさの間の距離に比べて十分小さいものとする。

4 次の文章を読み、以下の各問に答えよ。

120 万 kW を発電する火力発電所がある。この火力発電所では、燃焼によって発生した熱エネルギー Q_h のうち 14 % は煙突などから失われ、残りの熱エネルギー Q_1 が熱機関に伝えられる。熱機関では、受け取った熱エネルギー Q_1 の 47 % が仕事 W に変換され、残った熱エネルギー Q_2 は排熱として放出される。熱機関で得られた仕事 W は発電機で電気エネルギー E_e に変換され、その変換効率は 99 % である。また、この火力発電所で 120 万 kW を発電しているとき、1 秒間あたり 137 万 kJ の熱エネルギーを排熱として放出している。

(a) この火力発電所において、燃焼によって発生した熱エネルギー Q_h のうち、何%が電気エネルギー E_e へ変換されたか、小数点第 1 位まで求めよ。

(i) 下の文章は、この火力発電所で 120 万 kW を発電しているときに、1 秒間あたり 137 万 kJ の熱エネルギーが排熱として放出されることを説明している。 (a) および (b) に入る数字を整数で答えよ。ただし、排熱とは問題文中の Q_2 のことである。

問題文より、この火力発電所の熱機関からは 1 秒間あたり (a) 万 kJ の仕事を取り出される。一方、この発電所の熱機関は 1 秒間あたり (b) 万 kJ の熱エネルギーを受け取っており、熱力学の第一法則から、1 秒間あたり 137 万 kJ の熱エネルギーが排熱として放出される。

(5) この火力発電所では、海水を海から取り込み、その海水で熱機関を冷却し、海に戻している。この熱機関が1秒間あたり137万kJの熱エネルギーを排熱として放出しているとき、冷却に用いられる海水の温度は、海から取り込まれて海に戻されるまでに5.90 K上昇していた。このとき、冷却のために取り込まれる海水の質量は毎秒何kgか求めよ。ただし、熱機関の作業物質と海水は互いに混じり合うことはなく、排熱はすべて海水に伝えられ、海水の蒸発は起こらないものとする。また、海水の比熱は3.93 kJ/(kg·K)とする。

(え) (5)の問題で、十分な量の冷却水を海から取得できない場合に、水の蒸発を利用して、放出される排熱の冷却をおこなうことを考える。放出された排熱すべてが水の蒸発熱によって除去される場合、蒸発させる水の質量は毎秒何kgか求めよ。ただし、この時の水の蒸発熱を 2.41×10^3 kJ/kgとする。