

平成 29 年度

前期日程

理科問題

〔注意〕

1. 問題冊子及び解答用冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはいけない。
2. 問題冊子は、物理、化学、生物の順序で1冊にまとめてある。

問題は $\left\{ \begin{array}{l} \text{物理} \quad 2 \text{ ページから } 12 \text{ ページ} \\ \text{化学} \quad 13 \text{ ページから } 23 \text{ ページ} \\ \text{生物} \quad 24 \text{ ページから } 40 \text{ ページ} \end{array} \right\}$ にある。

ページの脱落があれば直ちに申し出ること。

3. 解答用紙は、物理3枚、化学4枚、生物4枚が一緒に折り込まれている。受験する科目の解答用紙をミシン目に従って切り離すこと。
4. 受験番号は、受験する科目の解答用紙の受験番号欄(1枚につき2か所)に1枚ずつ正確に記入すること。
5. 解答は、1ページの「理科の解答についての注意」の指示に従い、解答用紙の指定されたところに記入すること。
6. 問題冊子の余白は、適宜下書きに使用してもよい。
7. 配付した解答用紙は持ち帰ってはいけない。
8. 問題冊子は持ち帰ること。

「理科の解答についての注意」

理学部志願者

- 数学科、化学科、生物科学科生物科学コースを志望する者は、物理、化学、生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。
- 物理学科を志望する者は、物理を必須科目とし、そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。
- 生物科学科生命理学コースを志望する者は、物理と化学の2科目を解答すること。

医学部医学科・医学部保健学科(放射線技術科学専攻・検査技術科学専攻)・歯学部・薬学部志願者

物理、化学、生物の3科目のうちから2科目を選んで解答すること。

医学部保健学科(看護学専攻)志願者

物理、化学、生物の3科目のうちから1科目を選んで解答すること。

工学部・基礎工学部志願者

物理を必須科目とし、そのほかに化学または生物のうちから1科目を選んで解答すること(計2科目)。

物 理 問 題

(解答はすべて物理解答用紙に記入すること)

- [1] 図1に示す電車の運動について考える。電車の車輪はレール上を滑らずに転がり、他の摩擦や電気抵抗によるエネルギー損失も無視できる。特に断りのない場合は、電車は水平な場所に敷設された直線のレールの上を走行する。

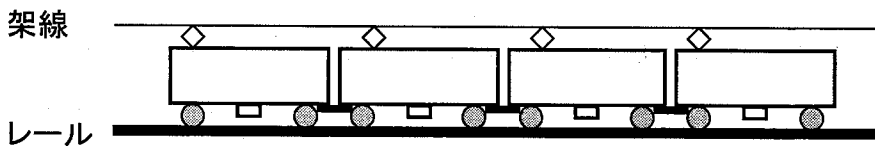


図1

- I. 電車全体の長さは 1.0×10^2 m であり、質量は 1.4×10^5 kg である。以下の問では $\sqrt{2} \doteq 1.4$, $\sqrt{3} \doteq 1.7$, $\sqrt{5} \doteq 2.2$ を使ってよい。解答欄に示した単位で有効数字に注意して解答すること。

- 問 1 電車全体で8台のモーターを使用しており、各モーターは半径 4.0×10^{-1} m の車輪を駆動している。1台のモーターが、 6.0×10^3 N·m の力のモーメントを発生するとき、電車全体を動かす力を求めよ。
- 問 2 電車全体を 1.4×10^5 N の力で動かした場合の加速度を求めよ。
- 問 3 長さ 1.0×10^2 m のホームに電車全体がはみ出さないように停車している。電車全体を 1.4×10^5 N の力で動かし、停車状態から発車して、全体が完全にホームから離れるのに要する時間と、その時点における速さを求めよ。
- 問 4 電車全体を 1.0×10^5 N の力で加速させる。停車状態から時速 8.0×10 キロメートルまで加速するために必要なエネルギーを求めよ。

問 5 モーターはパンタグラフと架線，車輪とレールを介して電気のやり取りをして回転している。レールに対する架線の電圧は直流 1.5×10^3 V である。モーターにより得られる合計 1.0×10^5 N の力で電車全体を加速させる。速度が時速 5.0×10 キロメートルに達したとき，モーターに電力を供給するために架線に流れている電流の大きさを求めよ。

問 6 図 2 に示す傾斜角 θ [rad] の登り坂を考える。モーターにより得られる力が合計 1.0×10^5 N の場合に，電車が加速も減速もすることのない傾斜角 θ の大きさを求めよ。ここで θ は， $\sin \theta \approx \theta$ と近似してよいほど小さい。重力加速度は 9.8 m/s^2 とせよ。

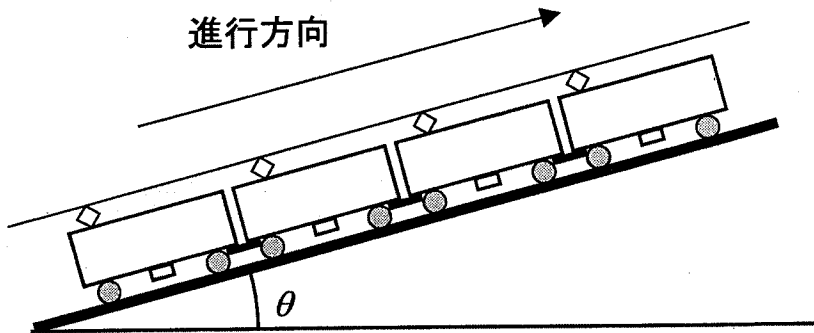


図 2

II. 停車している駅から，距離 L 離れた隣の駅までの運行について考える。乗客を含めた全体の質量が M の電車を力 F で加速させる。隣の駅に近づくと，加速時と大きさの等しい逆向きの力で減速させ，隣の駅にちょうど速度が 0 となるように到着する。加速している電車の速度が設定速度に達すると加速をやめ，設定速度を維持して走行する。 F の大きさは M によって変化しないものとし，設定速度の上限は V_{\max} とする。電車とホームの長さは考えなくてよい。

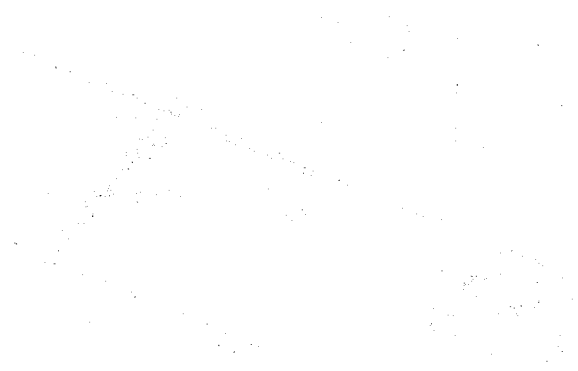
問 7 設定速度を V_{\max} とする。停車している駅から隣の駅までの運行において，設定速度まで加速することのできる電車全体の質量の最大の大きさを求めよ。また，このときに隣の駅に到着するまでに要する時間 T を求めよ。

- 問 8 電車全体の質量 M が問 7 の最大の質量より小さく、設定速度を V_{\max} とする場合を考える。隣の駅に到着するまでに要する時間を求めよ。
- 問 9 電車全体の質量 M が問 7 の最大の質量より小さいとき、隣の駅に到着するまでに要する時間を T と等しくするためには、設定速度をいくらにすればよいか。実現可能な設定速度を L, M, F, T のうち必要なものを用いて表せ。

1. The first part of the document discusses the importance of maintaining accurate records of all transactions. It emphasizes that proper record-keeping is essential for the integrity of the financial system and for the ability to detect and prevent fraud. The text notes that without reliable records, it would be difficult to verify the accuracy of financial statements and to identify any irregularities.

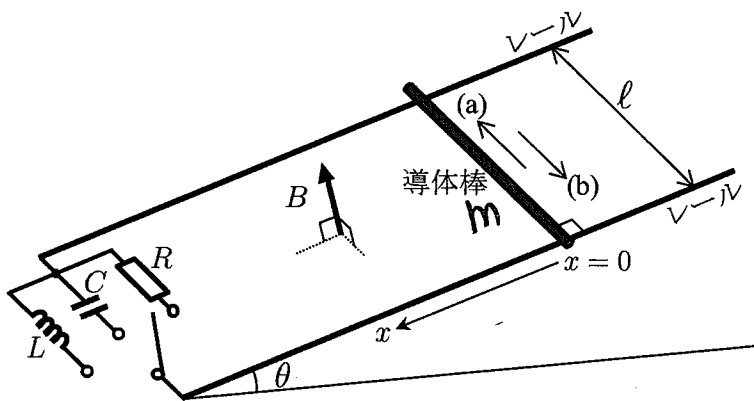
2. The second part of the document outlines the various methods used to collect and analyze data. It describes the process of gathering information from different sources, such as interviews, surveys, and document reviews. The text also discusses the importance of ensuring the reliability and validity of the data collected, and the need to use appropriate statistical techniques to analyze the results.

3. The third part of the document focuses on the interpretation of the data and the drawing of conclusions. It explains how the collected information is used to identify patterns, trends, and anomalies. The text also discusses the importance of considering the limitations of the data and the potential for bias in the analysis. Finally, the document concludes by summarizing the key findings and providing recommendations for further research and action.



4. The final part of the document provides a summary of the key findings and conclusions. It reiterates the importance of accurate record-keeping and the need for rigorous data collection and analysis. The text also highlights the potential for fraud and the importance of maintaining the integrity of the financial system.

[2] 図に示すように、十分に長い2本の平行な導体レールが、水平な床と角度 θ ($0 < \theta < \frac{\pi}{2}$) で固定されている。2本のレールが含まれる面も床と角度 θ をなし、その面と垂直な方向に、磁束密度の大きさが B の一様な磁場が、下から上に向かって加えられている。レールの間隔は l であり、一端には抵抗値 R の抵抗、静電容量 C のコンデンサー、自己インダクタンス L のコイルが並列に配置され、各々への接続はスイッチで切り替えられるようになっている。他端は開放されている。スイッチから十分離れた位置に、質量 m の導体棒がレールと直交して、初期状態では固定されている。重力加速度を g とし、レール、回路をつなぐ導線及び導体棒の抵抗は無視できるほど小さいとする。また、導体棒はレールと直交したままレールから離れることはなく、レール上を摩擦なしに動くことができる。レールに沿って下向きを x 軸の正の向きとし、最初に導体棒が静止している位置を $x = 0$ とする。以下の問では、スイッチを抵抗、コンデンサー、コイルに入れた3つの場合について考える。それぞれの場合で、電流によって作られる磁場の影響は無視できるとする。



- I. スイッチを抵抗側に入れて、導体棒の固定を静かにははずすと、導体棒はレール上を動き始める。導体棒の速さを v とし、導体棒、2本のレール、抵抗で構成される閉回路に流れる電流を I とする。十分に時間が経過すると、 v が一定の速さ v_0 になった。

問 1 導体棒に流れる電流の向きは、図中の (a), (b) いずれの向きか、記号で答えよ。その向きを I の正の向きとしたとき、 $v < v_0$ で、導体棒に加わる x 軸と平行方向の力を θ, B, l, m, g, I のうち必要なものを用いて表せ。ただし力の符号は、 x 軸の正の向きを正とせよ。

問 2 $v < v_0$ のとき、導体棒、2本のレール、抵抗で構成される閉回路に生じた誘導起電力の大きさを θ, B, l, m, g, v のうち必要なものを用いて表せ。

問 3 $v < v_0$ のとき、閉回路に流れる電流の大きさを θ, B, l, R, m, g, v のうち必要なものを用いて表せ。

問 4 v_0 を θ, B, l, R, m, g のうち必要なものを用いて表せ。

II. スイッチをコンデンサー側に入れる場合を考える。コンデンサーに電荷が蓄えられていないことを確認してから、スイッチを入れて、導体棒の固定を静かにはずすと、導体棒は等加速度運動をした。

問 5 コンデンサーに流れる電流の大きさは、微小時間 Δt の間にコンデンサーに蓄えられた電荷の大きさ ΔQ を用いて、 $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$ と表せる。 Δt の間に導体棒の速さが Δv だけ変化するとき、コンデンサーに流れる電流の大きさを $\theta, B, l, C, m, g, \Delta t, \Delta v$ のうち必要なものを用いて表せ。

問 6 加速度の大きさは $\frac{\Delta v}{\Delta t}$ と表せることに注意して、加速度の大きさを θ, B, l, C, m, g のうち必要なものを用いて表せ。

問 7 $x = 0$ の位置で導体棒の固定をはずしてから、 t だけ時間が経過したときにコンデンサーに蓄えられたエネルギーを θ, B, l, C, m, g, t のうち必要なものを用いて表せ。

III. スイッチをコイル側に入れる場合を考える。スイッチを入れて、コイルに流れる電流 I が 0 であることを確認してから、導体棒の固定を静かにはずすと、導体棒はレール上を動き始めた。

- 問 8 微小時間 Δt の間に、導体棒は Δx だけ変位し、その際にコイルに流れる電流は ΔI だけ変化した。このとき、 ΔI と Δx の関係を $\theta, B, \ell, L, m, g, \Delta x, \Delta I$ のうち必要なものを用いて表せ。ただし、 I の正の向きは問 1 と同じとする。
- 問 9 $\frac{\Delta I}{\Delta x} = \alpha$ (α は定数) と表されるとき、 $I = \alpha x + \beta$ (β は定数) となる。この関係式を用いて、導体棒が位置 x にあるときの電流 I を $\theta, B, \ell, L, m, g, x$ のうち必要なものを用いて表せ。
- 問 10 x 軸の正の方向に沿った導体棒の加速度を a としたとき、導体棒に関する運動方程式を解答欄に合う形で記入せよ。また、この運動の周期を求めよ。ただし解答には $\theta, B, \ell, L, m, g, x$ のうち必要なものを用いよ。

Handwritten text at the top right of the page, possibly a date or reference number.

Main body of handwritten text, appearing to be a list or series of entries, possibly related to a survey or inventory.

Small handwritten mark or signature in the center of the page.

Bottom section of handwritten text, possibly a continuation of the list or a separate set of notes.

〔3〕 以下のA、Bのすべての問題に解答すること。なおAとBは独立した内容の問題である。

A. 音叉（おんさ）を音源として用いる実験で、空気中の音速を求めてみよう。使用する音叉は、振動数500 Hzの音を、必要なだけ長い時間にわたって発し続けるとする。

A-I. 気体中の音波は縦波であり、圧力の高い状態（密）と低い状態（疎）を繰り返すことから疎密波ともよばれる。音叉は、2本の平行な腕を持つU字型の金属製道具であり、楽器の調律などに使用される。腕の部分たたくと、ある特定の振動数の音だけを発する。図1は、振動している音叉を上から見た状況を示している。矢印は、ある瞬間に音叉の腕が動いている向きを表している。音叉が音を発するときは、このように2本の腕は互いに逆向きに振動し、周囲の空気に圧力変動を与えている。

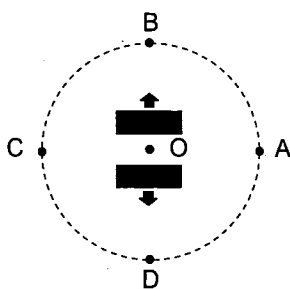


図1

問1 図1の2つの矢印が示す向きに音叉の腕が運動し、開ききったときの周囲の圧力について考えよう。音叉を囲む円周上にある4つの点A～Dでの空気の疎密に関して、以下の(a)～(f)のうちから正しい組み合わせの記号を選べ。円の中心は音叉の中心Oにあり、その半径は音波の波長にくらべて十分小さく、4つの点は音叉の振動方向とこれに垂直な方向にある。

- (a) A:密, B:密, C:疎, D:疎
- (b) A:密, B:疎, C:疎, D:密
- (c) A:密, B:疎, C:密, D:疎
- (d) A:疎, B:疎, C:密, D:密
- (e) A:疎, B:密, C:密, D:疎
- (f) A:疎, B:密, C:疎, D:密

A-II. 1つ目の実験として、図2のように、両端を開放した細長い円管の内部にピストンを装着して水平に置く。ピストンは、取り付けられた棒を引くことによって左の開口端 ($x=0$) からなめらかに円管内を移動できる。

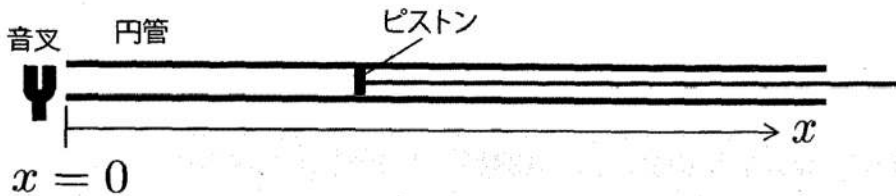


図2

- 問 2** 音叉を左の開口端の近くに設置した。音叉を鳴らしながら、ピストンを右に移動していくと、ほぼ等間隔で、音叉に気柱が共鳴して大きな音が聞こえる位置があった。ある実験では、その位置は $x = 50 \text{ cm}$ であり続いて $x = 84 \text{ cm}$ でも共鳴した。この結果をもとに音速を有効数字2桁で求めよ。なお、開口端補正は常に一定とする。
- 問 3** ピストンが $x = 84 \text{ cm}$ の位置にあるとき、共鳴に影響しないごく小さな圧力計を円管内に入れ、音叉によって共鳴させながら圧力変動の大きさを測定したところ、大きさは圧力計の位置によって変化し、数か所で最大の圧力変動が観測された。開口端からピストンまでの範囲 ($0 \leq x \leq 84 \text{ cm}$) で、そのような最大の圧力変動が測定される位置 x [cm]のうち、開口端に最も近い位置 x の値を有効数字2桁で示せ。

A-III. 2つ目の実験として、音叉を固定壁の近くに置き、壁からの反射音を利用してみよう。図3のように、壁面に垂直にとった y 軸に沿って音叉を移動させる。また、壁から遠く離れた y 軸上の位置にマイクロフォンを固定する。マイクロフォンは、音叉から直接達する音と壁からの反射音を観測する。この実験では、音叉は十分小さく、点音源と見なせる。

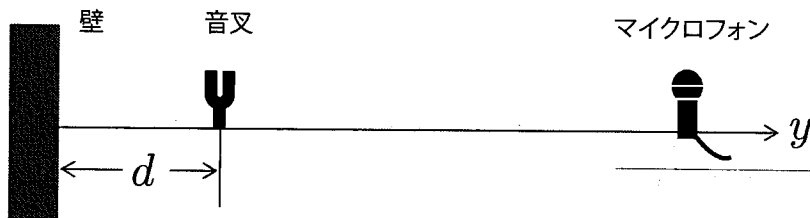


図3

- 問 4 y 軸の正の方向に音叉の位置を少しずつ変えながらマイクロフォンで観測すると、音の強さが周期的に変動した。マイクロフォンで観測された音が強くなるときの、音叉と壁の間の距離 d と音の波長 λ との関係を表せ。必要であれば、自然数として n ($n = 1, 2, 3, \dots$) を用いてよい。
- 問 5 $25 \text{ cm} \leq d \leq 100 \text{ cm}$ の範囲で2度の実験を行ったところ、強い音が、1度目は $d = 50 \text{ cm}$ と 81 cm で、2度目は $d = 49 \text{ cm}$ と 83 cm のそれぞれ2か所で観測された。これらの実験データから、音速を有効数字2桁で推定せよ。

B. 図4左のように、単原子分子理想気体の入ったシリンダーと面積 S のピストンが大気中に鉛直に置かれている。脇に置かれた小さなおもりを、ピストンにつぎつぎとのせる過程を考える。この間、気体の圧力は連続的に変化していると見なせる。初期状態は、シリンダー内の気体の圧力が大気圧 p_0 と等しく、体積が V_0 、温度が大気と等しいとする。大気圧と大気の温度は常に一定であるとする。以下では重力加速度を g とし、おもりをピストンにのせる前は、おもりはシリンダー内の底面と同じ高さにあったとする。またピストンの質量と厚さは無視でき、ピストンはシリンダー内をなめらかに動くことができるとする。

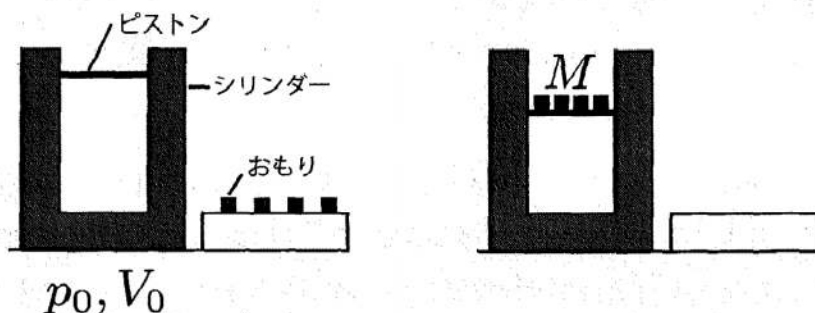


図4

B-I. シリンダーとピストンが断熱素材でできており、内部の気体は外部と熱のやりとりをしない場合を考える。初期状態から、ピストンにおもりを質量 M になるまで徐々にのせ、図4右のようなピストンが静止した状態を実現した。この終状態での気体の圧力を p_1 、体積を V_1 とする。

問6 p_1 を M, S, g, p_0 のうち必要なものを用いて表せ。

問7 初期状態から終状態にいたる過程で気体が受けた仕事を、 p_0, V_0, p_1, V_1 のうち必要なものを用いて表せ。

問8 初期状態から終状態にいたる過程でのおもりの位置エネルギーの変化を、 p_0, V_0, p_1, V_1 のうち必要なものを用いて表せ。

問 9 初期状態から終状態にいたる過程において、「おもりをピストン上に持ち上げるのに必要な仕事」 W_M 、「気体の内部エネルギー変化」 ΔU 、「気体が大气から受けた仕事」 W_A 、「おもりの位置エネルギー変化」 ΔE の間に成り立つ関係式を示せ。

B-II. 次に、シリンダーとピストンの素材を断熱素材から熱を通す素材に置き換え、B-Iと同じ操作を以下の問のように2通りの手順で行う。手順のたびに気体は初期状態に戻し、どちらの手順でも終状態ではピストンは静止しており、気体の圧力は p_1 、体積は V_1' とする。

問 10 ピストンにおもりを質量 M になるまでゆっくりとのせた。この最中、シリンダーは十分に熱を通していているとする。この過程における気体の内部エネルギーの変化を求めよ。

問 11 今度は、シリンダーが熱を通すのに要する時間より十分に短い間に、手早くおもりを質量 M になるまでのせ、その後気体の温度が外部と等しくなるまで十分な時間放置した。解答欄の p - V 図上にこの変化の過程の概形を示せ。解答欄の図には初期の圧力 p_0 と体積 V_0 、終状態の圧力 p_1 、体積 V_1' および問10の過程があらかじめ描かれている。

問 12 W_1 を問10の過程で気体が受けた仕事、 W_2 を問11の過程で気体が受けた仕事とする。 W_1 、 W_2 の大小関係を表す次の(a)～(c)のうち、正しいものの記号を選べ。

- (a) $W_1 > W_2$
- (b) $W_1 < W_2$
- (c) $W_1 = W_2$