

平成30年度入学者選抜学力検査問題（前期日程）
物理基礎・物理（出題の意図）

- 〔Ⅰ〕 物理基礎の「力と運動」、及び物理の「運動」の範囲で、慣性力、運動方程式、等加速度直線運動に関する理解度を問う問題である。
- 〔Ⅱ〕 物理基礎の「エネルギーの変換と保存」、及び「熱容量と比熱」の範囲で、エネルギーが運動エネルギーと熱に変換されることに関する理解度を問う問題である。
- 〔Ⅲ〕 物理基礎の「音と振動」の範囲で、音波の基本的な性質、音波の共鳴に関する理解度を問う問題である。
- 〔Ⅳ〕 物理基礎の「電気」、及び物理の「電気と磁気」の範囲で、交流回路、抵抗・コイル・コンデンサにかかる電圧と流れる電流に関する理解度を問う問題である。

平成 30 年度入学者選抜学力検査問題(前期日程)

理 科

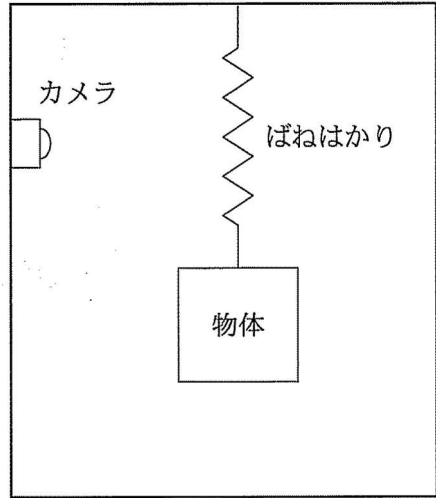
物理基礎・物理

(注 意)

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 問題冊子は 7 ページ，解答用紙は 4 枚である。指示があつてから確認すること。
3. 解答用紙の指定のところに解答のみを記入すること。問題文に指示のない限り，導出過程は必要ない。
4. 計算その他を試みる場合は，問題冊子の余白を利用すること。
5. 解答用紙は持ち帰ってはならないが，問題冊子は必ず持ち帰ること。

〔I〕

エレベーターの天井からばねはかりがつるされており、ばねはかりに質量 M [kg] の物体がつるされている。エレベーターが動きだした瞬間の時刻 0 [s] から、ばねはかりが示す目盛り [kg] を、図 I-1 のように固定されたカメラで録画した。やがてエレベーターは時刻 t_3 [s] で停止した。エレベーターの中で生じる物体の振動は素早く止まったとする。カメラで録画した映像から目盛り [kg] の値をエレベーターの外で読み取った。その結果を図 I-2 に示す。物体に上下以外の動きはなかった。エレベーターが上下のどちらに動いていたかを図 I-2 の値のみから知ることができた。重力加速度を g [m/s²] とする。なお、エレベーターの加速度の大きさは重力加速度より十分に小さいとする。



エレベーター
図 I-1

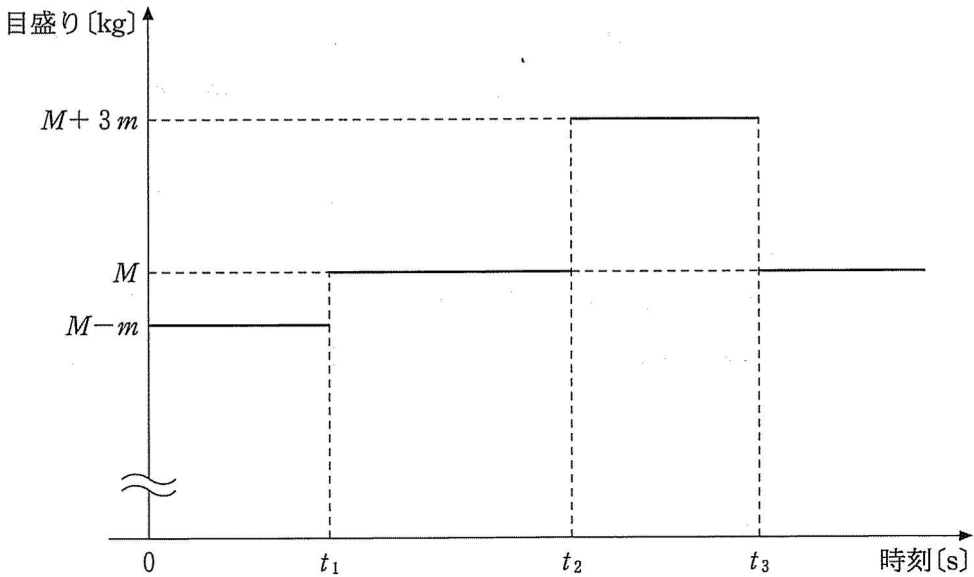


図 I-2

- (1) 時刻 0 [s] から時刻 t_1 [s] の間で、物体がばねばかりから受ける力 [N] の向きとその大きさを求めよ。
- (2) 時刻 0 [s] から時刻 t_1 [s] の間でのエレベーターの加速度 [m/s^2] の向きとその大きさを求めよ。
- (3) 時刻 t_1 [s] から時刻 t_2 [s] の間で、エレベーターの中から見た物体の慣性力 [N] の大きさを求めよ。
- (4) 時刻 t_2 [s] から時刻 t_3 [s] の間でのエレベーターの加速度 [m/s^2] の向きとその大きさを求めよ。
- (5) エレベーターが動きだしてから停止するまでのエレベーターの速度 [m/s] と時刻 [s] の関係を表すグラフとして適切なものを図 I-3 の中から一つ選び、(a) から (f) の記号で答えよ。なお、エレベーターの速度は上向きを正とする。

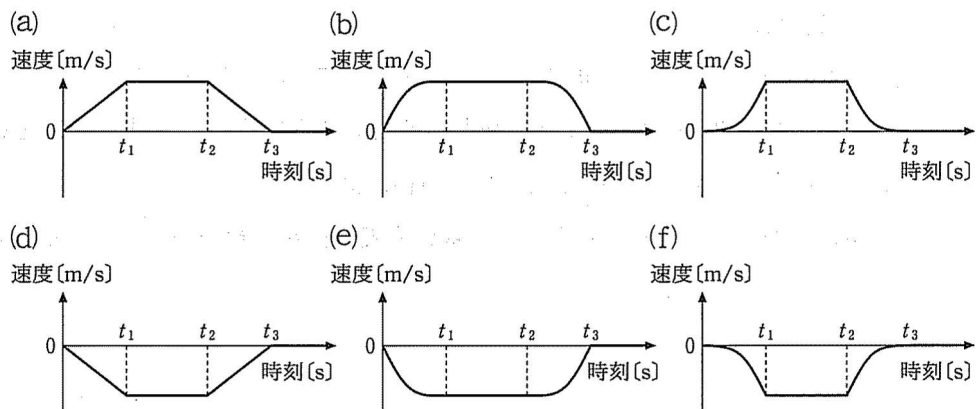


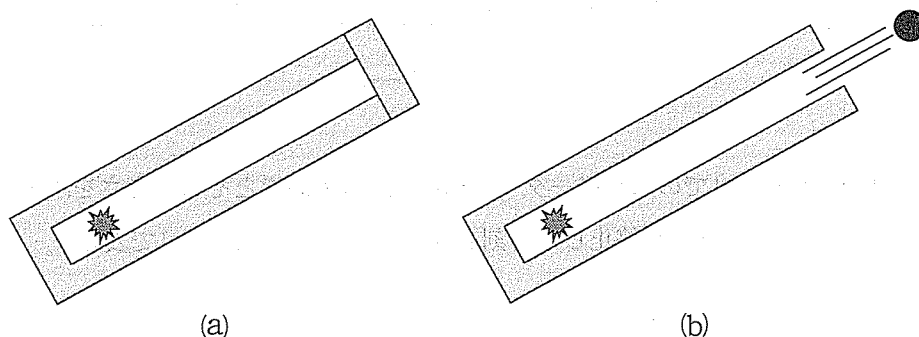
図 I-3

- (6) 時刻 t_2 [s] でのエレベーターの速度 [m/s] の向きとその大きさを求めよ。
- (7) エレベーターが停止した時刻 t_3 [s] を、時刻 t_1 [s]、 t_2 [s] で表せ。

〔Ⅱ〕

火薬を爆発させて大砲を撃つことを考える。18世紀後半に熱とエネルギーの関係を物理学者ランフォードが考えるきっかけとなった発見に由来する設問である。大砲の砲身の比熱が c [J/(g·K)]、質量が M [kg] であるとする。火薬の爆発によって発生したエネルギーは、全て砲身の温度上昇または弾丸の運動エネルギーに使われるものとする。以下の問いに答えよ。

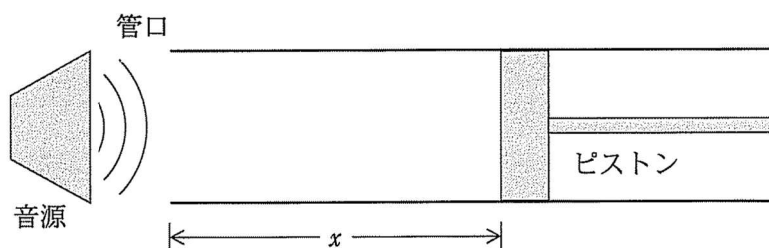
- (1) 火薬の爆発のエネルギーが熱量 Q [J] であるとする。図Ⅱ(a)のように弾丸を込めずに出口をふさいで火薬を爆発させると、砲身の温度はどれだけ上昇するか、砲身の温度上昇を ΔT_1 [K] として答えよ。出口のフタは火薬の爆発では動かないとする。
- (2) 大砲から質量 m [kg] の弾丸が速度 v [m/s] で飛ぶとして、その運動エネルギーを答えよ。
- (3) 図Ⅱ(b)のように、(1)と同じ熱量 Q で砲身内で火薬を爆発させたとして、その爆発のエネルギーで質量 m の弾丸が速度 v で飛び出したとすると、その時の砲身の温度上昇 ΔT_2 [K] はどれだけか答えよ。
- (4) 空砲と弾丸を撃った場合とで、砲身の温度上昇が大きいのはどちらかを答えよ。



図Ⅱ

〔Ⅲ〕

ピストンが入ったガラス管と振動数を連続的に変えられる音源が、空気中に置かれている。音源からは単一の振動数の音が出るものとする。管口からピストンまでの距離を x [m]、音源の振動数を f [Hz] とする。図Ⅲ—1のように音源をガラス管の管口に近づけ、ピストンをガラス管の管口 ($x = 0$ m) から遠ざける方向にゆっくり移動させた。 $x = L_1$ [m] となったとき、初めて共鳴した。さらに移動させると、 $x = L_2$ [m] のとき、再び共鳴した。開口端補正は Δx [m] で一定として、次の問いに答えよ。



図Ⅲ—1

- (1) ガラス管内での音波の波長 [m] を、 L_1 、 L_2 を用いて表せ。
- (2) 開口端補正 Δx [m] を、 L_1 、 L_2 を用いて表せ。
- (3) ガラス管内での音速 [m/s] を、 f 、 L_1 、 L_2 を用いて表せ。
- (4) ピストンを $x = L_2$ の位置に固定し、音源の振動数を f から連続的に上げていくと、さらに高次の共鳴が起きた。この時の振動数 f' [Hz] を、 f を用いて表せ。

(5) 管楽器のピッチ(出す音の振動数)は、気温の変化に敏感である。(4)の時点で
気温が 20°C であったとする。この後、ピストンの位置が $x = L_2$ のままで、
気温が 20°C から 10°C に下がった。このとき、音源の振動数を f' からわずかに
ずらすことで(4)と同じ共鳴状態が得られる。このときの音源の振動数につ
いて、以下の空欄に最も適する数値や語句を選び、記号で答えよ。
ただし、音速 $V[\text{m/s}]$ と気温 $t[^{\circ}\text{C}]$ のあいだには、 $V = 331.5 + 0.6t$ の関係が
成り立つものとする。

「振動数を f' より約 (あ) だけ (い) すればよい」

 (あ) の語群：(a) 0.1%，(b) 0.2%，(c) 1%，(d) 2%，

(e) 10%，(f) 20%

 (い) の語群：(a) 大きく、(b) 小さく

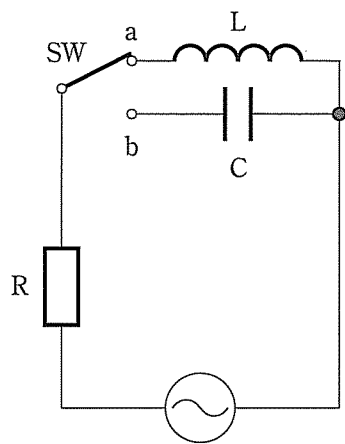
[IV]

抵抗値 $R[\Omega]$ の抵抗 R 、電気容量 $C[F]$ のコンデンサ C 、自己インダクタンス $L[H]$ のコイル L とスイッチ SW を図IV—1 のように角周波数 $\omega_1[\text{rad/s}]$ の交流電源に接続した。また SW を a につないだ場合と SW を b につないだ場合とで、時刻 $t[s]$ において回路を流れる電流 I がともに同じ振幅 I_1 の電流 $I_1 \sin \omega_1 t [A]$ となるように ω_1 を選んだ。このとき交流電源の電圧 V は $V_1 \sin(\omega_1 t + \phi) [V]$ と表されるものとする。 $\phi[\text{rad}]$ は交流電源の電圧と回路を流れる電流の位相差である。この回路について以下の問いに答えよ。必要であれば三角関数の公式

$$A \sin \theta + B \cos \theta = \sqrt{A^2 + B^2} \sin(\theta + \delta)$$

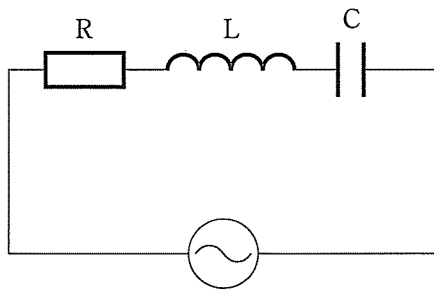
を用いても良い。ただし、 $\tan \delta = \frac{B}{A}$ とする。

- (1) SW を a につないだ時、時刻 $t[s]$ において抵抗 R にかかる電圧 $V_R[V]$ およびコイル L にかかる電圧 $V_L[V]$ を、 I_1, ω_1, R, L, t のうち必要なものを用いて答えよ。
- (2) SW を a につないだ時、交流電源の電圧 V の振幅 $V_1[V]$ および $\tan \phi$ を、 I_1, ω_1, R, L, t のうち必要なものを用いて答えよ。
- (3) SW を a につないだ時、 $\phi = \frac{\pi}{4} [\text{rad}]$ であった。自己インダクタンス $L[H]$ を、 I_1, ω_1, R のうち必要なものを用いて答えよ。
- (4) SW を b につないだ時、 $\phi = -\frac{\pi}{4} [\text{rad}]$ であった。電気容量 $C[F]$ を、 I_1, ω_1, R のうち必要なものを用いて答えよ。
- (5) 次に SW を取り去り、図IV—2 に示すように抵抗 R 、コンデンサ C 、コイル L を直列に接続し、新たな角周波数 $\omega_2[\text{rad/s}]$ の交流電源に接続したところ、回路を流れる電流 I は $I_2 \sin \omega_2 t [A]$ であった。このとき交流電源の電圧 V の振幅 $V_2[V]$ を、 $I_2, \omega_1, \omega_2, R$ のうち必要なものを用いて答えよ。



交流电源

图IV—1



交流电源

图IV—2





