

平成 30 年度入試【推薦入試 I】

## 小論文

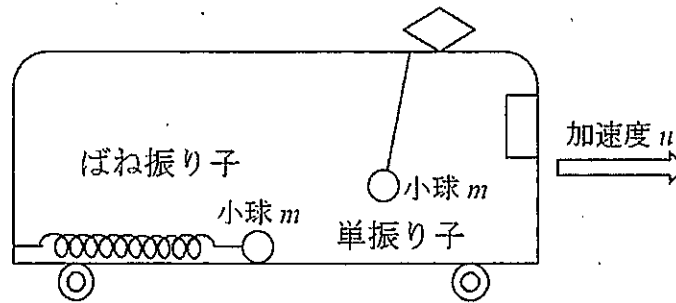
[物理学]

(総合理工学部 物理・材料工学科)

### 注意

1. 問題紙は、指示があるまで開いてはいけません。
2. 問題紙 5 ページ，解答用紙 5 枚です。指示があってから確認し，解答用紙の所定の欄に受験番号を記入してください
3. 解答は、すべて解答用紙の所定のところに記入してください。
4. 解答用紙は持ち帰ってはいけません。
5. 試験終了後，問題紙は持ち帰ってください。

1 図のように、一定の加速度  $u$  [ $\text{m/s}^2$ ] で水平面上を走っている列車の中で、質量  $m$  [ $\text{kg}$ ] の小球をそれぞれ取り付けたばね振り子、および単振り子の周期を測定する。ばね定数を  $k$  [ $\text{N/m}$ ]、重力加速度を  $g$  [ $\text{m/s}^2$ ] とし以下の問いに答えよ。ただし、ばねや糸の質量、空気の抵抗、および列車の床面と小球の間の摩擦は無視でき、ばねは十分に長いものとする。

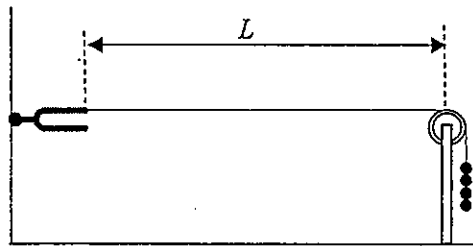


- (1) 列車内で観察したとき、ばねに取り付けた小球に働く力の合力は、ある位置で 0 となる。このときの小球に働くすべての力を解答用紙の図中に矢印で描き、それぞれの力の意味を示せ。
- (2) (1)のつり合いの位置における、ばねの自然長からのずれの大きさ  $x_0$  [ $\text{m}$ ] を求めよ。
- (3) 右向きを正にとり、(2)のつり合いの位置からの小球の変位を  $x$  [ $\text{m}$ ] で表すことにする。列車内で観察した小球の運動方程式を書け。ただし、列車内での物体の加速度を  $a$  [ $\text{m/s}^2$ ] とする。
- (4) (3)の場合のばね振り子の周期は、静止している列車内で測定したばね振り子の周期と比較してどうなるか、簡潔に説明せよ。
- (5) 一定の加速度  $u$  で走る列車内で観察した単振り子の小球に働くすべての力を解答用紙の図中に矢印で描き、それぞれの力の意味を示せ。
- (6) 静止している列車の中で単振り子を微小振動させたときの周期  $T_0$  [ $\text{s}$ ] は、 $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$  で与えられる。ここで  $l$  [ $\text{m}$ ] は糸の長さを表す。これに対し、一定の加速度  $u$  で走る列車内で観察した単振り子をつり合いの位置付近で微小振動させたときの周期  $T$  [ $\text{s}$ ] は、 $T_0$  よりも小さくなる。その理由を答えよ。

2

下図のように、振動数  $f$  [Hz] の横向きにしたおんさの一端に線密度  $\rho_0$  [kg/m] の糸を結び、糸の他端に滑車を通して質量  $m$  [kg] のおもりをつるし、おんさを鳴らして波の様子を観察する。おもりの個数を変えて糸の張力を調整しながら実験した結果、おもりの数が 4 個のときに腹の数が 1 個の固有振動が観測された。おんさの先端から滑車までの距離を  $L$  [m] とする。また、滑車は滑らかに動き、糸は伸び縮みせず、糸の質量は無視できるものとする。

- (1) このときの固有振動の波長  $\lambda$  [m] を求めよ。また、波の速さ  $v$  [m/s] と振動数  $f$  の関係を式で表せ。
- (2) 一般に、糸を伝わる波の速さ  $v$  は  $v = \sqrt{S/\rho}$  で与えられる。ここで  $S$  [N] は糸の張力、 $\rho$  [kg/m] は糸の線密度である。おもりの数を 1 個にしたとき、どのような固有振動が起こるか答えよ。
- (3) おもりの数が 2 個のときに  $N$  個の腹が現れる固有振動をさせるには、糸の線密度を  $\rho_0$  の何倍にすればよいか答えよ。



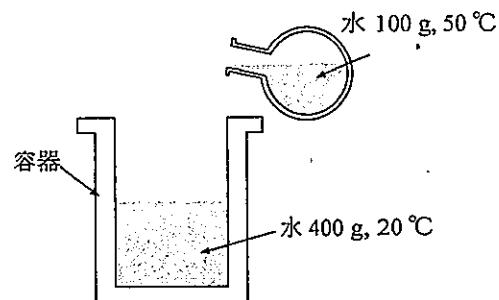
3

比熱は、単位質量の物質を単位温度上げるのに必要な熱量であり、下表に示すように物質によってさまざまな値を持つ。ある金属球の比熱を測定するため、熱した金属球を水の中に入れ、水の温度変化を測定する実験を下記に示した手順で行う。この実験では、水、容器、および金属球と、外部との間の熱のやり取りは無視できる。また、実験を行う温度範囲において水、容器、金属球の比熱は変化しないものとする。水の比熱を  $4.2 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$  として、以下の問いに答えよ。

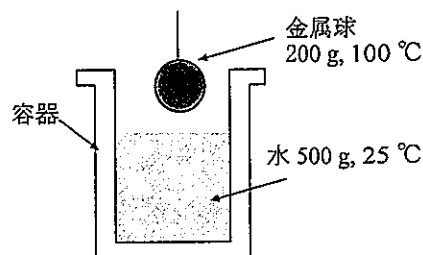
表 いろいろな物質の比熱 (25 °C)

物質	鉛	銀	銅	鉄	アルミニウム
比熱 [J/(g·K)]	0.13	0.24	0.38	0.45	0.90

【手順1】 まず、容器の熱容量  $C$  [J/K] を求める。  
 容器に水 400 g を入れ、全体の温度を 20 °C としたのち、容器の中に 50 °C の水 100 g を入れると全体の温度が 25 °C となった。



【手順2】 次に、金属球の比熱  $c_m$  [J/(g·K)] を求める。  
 手順1の状態 (水 500 g, 温度 25 °C) の容器に、100 °C に加熱した 200 g の金属球を入れると、全体の温度は 30 °C になった。



- (1) 手順1の結果から、容器の熱容量  $C$  を求めよ。
- (2) 手順1, 2の結果から、金属球の比熱  $c_m$  を求めよ。さらに、求めた比熱の値から金属球が何であることを推定せよ。
- (3) 熱測定の実験は正確な測定が難しい。実験室において実際に比熱測定を行う際に、誤差を生む要因を3つ挙げ、それぞれについて説明せよ。

- 4 真空中で、図1のように、 $y \geq 0$  の領域のみに、 $z$  軸の負の向き(紙面に垂直に表から裏への向き)に、磁束密度  $B$  [T] の一様な磁界がある。重力を無視できるとして、以下の問いに答えよ。

問1  $x$  軸上の入射点  $S$  において、質量  $m$  [kg]、電荷  $q$  [C] ( $q > 0$ ) の荷電粒子を、磁界のない領域から、 $y$  軸に平行に、速さ  $v$  [m/s] ( $v > 0$ ) で入射させたところ、磁界内で、半径  $r$  [m]、速さ  $v$  の等速円運動を行い、半円を描いて  $x$  軸上の点  $G$  に到達した。図1では円軌道の中心を座標の原点にとった。

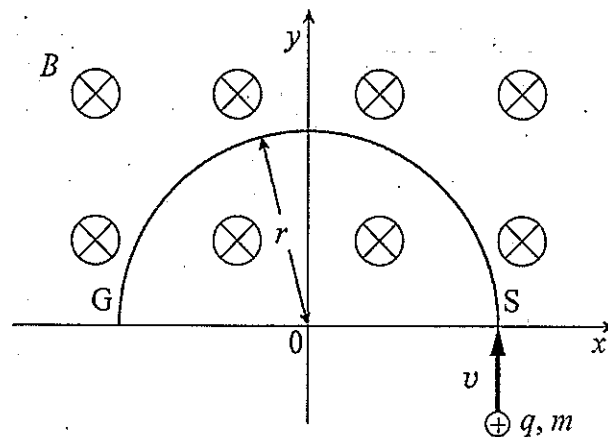


図1

- (1) 磁界内で運動する荷電粒子は、磁界からローレンツ力を受けるが、荷電粒子はこの力によって仕事をされないで、その速さは変わらない。荷電粒子がローレンツ力から仕事をされない理由を説明せよ。
- (2) 図1のとき、磁界内で荷電粒子が受けるローレンツ力の大きさ  $F$  [N] を求めよ。
- (3) 半径  $r$ 、速さ  $v$  の等速円運動の向心力と(2)のローレンツ力の大きさが等しいことから、 $r$  を、 $m$ 、 $v$ 、 $q$ 、 $B$  を用いて表せ。

問2 次に、問1と同種の多数の荷電粒子からなる粒子線を、入射点Sから、 $y$ 軸に平行に入射させた。この粒子線において、荷電粒子の速さは $v-\Delta v$ から $v+\Delta v$ の範囲( $\Delta v > 0$ )に分布していた。その結果、荷電粒子が半円を描いて再び $x$ 軸に到達したときの到達点は、Sに最も近い到達点 $G_1$ と最も遠い到達点 $G_2$ の間に分布していた(図2)。

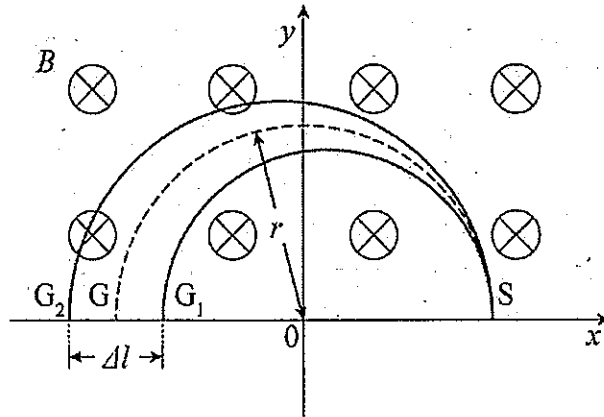


図2

- (1)  $G_1$ と $G_2$ の距離を $\Delta l$  [m]とする。速さ $v$ の等速円運動の円軌道の半径が $r$ であるとき、 $\Delta l/r$ が $\Delta v/v$ の4倍となることを示せ。
- (2) 粒子線の荷電粒子は、それらの入射の速さが異なっても、入射点から到達点に到達するまでの時間は変わらなかった。円運動の周期を考慮して、その理由を説明せよ。