

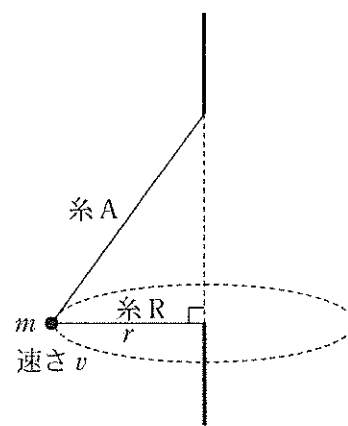
令和 3 (2021) 年度入学試験問題 (前期)

理 科

注 意

1. 台図があるまで表紙をあけないこと。
2. 化学, 物理, 生物のうちから 2 科目を選択し, 別紙解答用紙に受験番号, 氏名を記入すること。  
(ただし受験票, 入学願書に記入した 2 科目に限る。)
3. 選択した科目以外の科目(例えば化学, 物理を選択した場合は生物)の解答用紙にも受験番号, 氏名を記入し, 全体に大きく×印をすること。
4. 解答は解答用紙の枠内に記入すること。
5. 裏表紙は計算に使用する。
6. 選択した科目以外の解答用紙に解答を記入した場合, 及び解答用紙に解答以外のことを書いた場合, その答案は無効とする。
7. 問題冊子は 1 冊, 別紙解答用紙は各科目それぞれ 1 枚である。
8. 受験票は机に出しておくこと。

I 図のように鉛直線上に剛体棒が間隔を空けて固定されている。上の剛体棒の端には糸 A が、下の剛体棒の端には糸 R が取り付けられており、これらの糸は質量  $m$  [kg] の小球を介して繋がれている。糸 R は、長さ  $r$  [m] であり、 $T_R$  [N] の張力がかかると切れる。糸 A と糸 R の長さの比は 5 : 3 である。小球を速さ  $v$  [m/s] で水平面内で等速円運動をさせたとき、糸がたるむことはなく、糸 R と剛体棒は直角をなした。以下の間に答えよ。ただし、糸や棒の太さおよび質量、小球の大きさ、空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさは  $g$  [m/s<sup>2</sup>] とする。

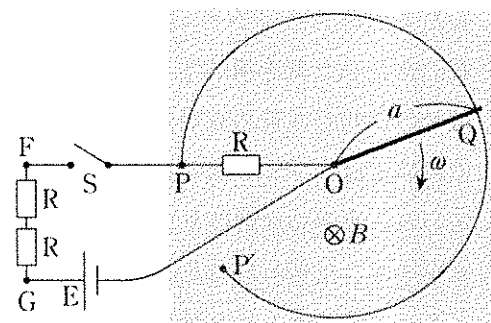


- (1) 小球に働いている向心力の大きさ [N] を表せ。
- (2) 糸 A に働く張力 [N]、および糸 R に働く張力 [N] を表せ。
- (3) 糸 R をたるませることなく小球を等速円運動させるためには、小球の速さはいくら以上でなければならないか。その速さ [m/s] を表せ。
- (4) 小球の速さを増したところ、糸 R が切れた。糸が切れる直前の小球の速さ [m/s] を表せ。

次に小球を帯電させ、糸 R が切れない速さ  $v_0$  [m/s] で等速円運動をさせた。そして鉛直方向に一様な磁場をかけ、その磁束密度  $B$  [T] をゆっくりと増加させた。小球の運動を鉛直上方から見ているものとして以下の間に答えよ。

- (5) 正電荷  $q$  [C] をもつ小球を時計回りに運動させ、上向きの磁束密度を増加させていくと糸 R は {ア : たるむ, イ : 切れる}。 { } に書かれた現象のうち正しいものを記号で選び、この現象が起きる直前の磁束密度の大きさ  $B_0$  [T] を表せ。
- (6) 負電荷  $-q$  をもつ小球を反時計回りに運動させ、下向きの磁束密度を増加させていくと糸 R は {ア : たるむ, イ : 切れる}。 { } に書かれた現象のうち正しいものを記号で選び、この現象が起きる直前の磁束密度の大きさ [T] を  $B_0$  を含んだ式で表せ。

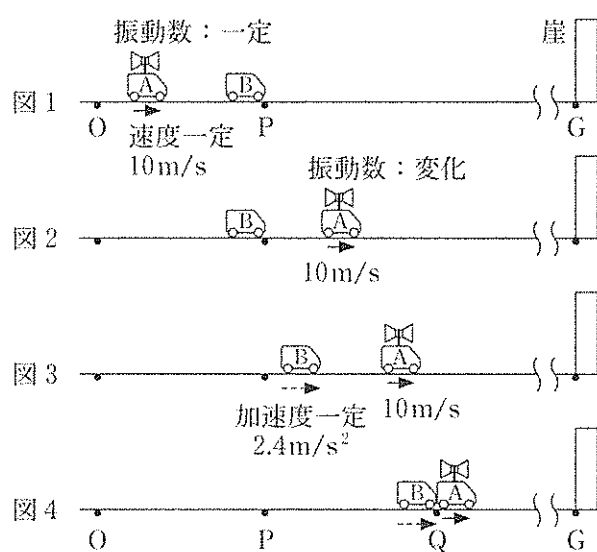
II 図のように、水平面上に細い導線でできた半径  $a$  [m] の円弧状のレール PP' があり、円弧の中心 O とレール上の点 P の間には抵抗値  $R$  [Ω] の抵抗 R が接続されている。レールと O との間には導体棒が渡してあり、導体棒上の点 Q でレールと接触しており閉回路 OPQO ができている。レールを含む平面内には磁束密度  $B$  [T] の一様な磁場が鉛直下向き (紙面の表から裏) に加わっており、導体棒は O を支点として P から P' までなめらかに回転することができる。また、図のように OG 間には起電力  $E$  [V] の電池 E、GF 間には二つの抵抗 R、FP 間にはスイッチ S が接続されて



れており、はじめ S は開いている。導線および導体棒の抵抗、回路に流れる電流がつくる磁場、電池の内部抵抗、すべての摩擦は無視できるものとし、導体棒がレールから外れることはなかったとして、以下の間に答えよ。

- (1) S を開いた状態で、導体棒に外力を加えて一定の角速度  $\omega$  [rad/s] で時計回り (図中の矢印方向) に動かした。
  - (a) 閉回路 OPQO を貫く磁束 [Wb] は微小時間  $\Delta t$  [s] の間にどれだけ増加するか。
  - (b) 閉回路 OPQO に発生する起電力の大きさ [V] はいくらか。
  - (c) OP 間の抵抗 R を流れる電流 [A] はいくらか。O → P の向きを正として答えよ。
  - (d) 導体棒が磁場から受ける力の大きさ [N] はいくらか。
  - (e) 外力のした仕事は OP 間の抵抗 R で消費される。この外力のした仕事率 [W] はいくらか。
- (2) 外力を加えずに導体棒が静止した状態で、S を閉じた。
  - (a) S を閉じた直後に S を流れる電流の大きさ [A] はいくらか。
  - (b) しばらくすると、S を流れる電流は一定の値になった。このときの導体棒の角速度 [rad/s] を時計回りを正として答えよ。

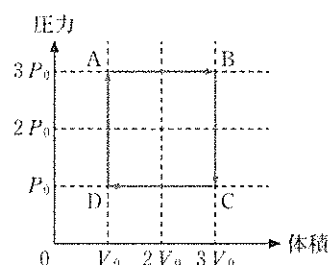
Ⅲ 図のように、点Oから点Gに向かう直線状の道路に、一定の速度  $10.0 \text{ m/s}$  で点Oから点Gに向かって走る車Aと、その前方に止まっている車Bがある(図1)。このとき、車Bが止まっている場所を点Pとする。車Aにはスピーカーが取り付けられており、ここから音が出ている。点Gには音を反射する崖があるので、点Oと車Bの観測者はいずれも、スピーカーからの直接音と崖からの反射音を観測することができる。音速を  $340 \text{ m/s}$  とし、車の大きさ、道幅、風の影響は無視してよいものとする。以下の問に、小数第一位を四捨五入した整数で答えよ。



- (1) 図1は、車Aが点Pに到達するまでを表す。このとき、車Aのスピーカーは  $500 \text{ Hz}$  の振動数一定の音を出し続けていた。
- (a) 図1のとき、点Oの観測者が観測したスピーカーからの直接音の振動数[Hz]はいくらか。
- (b) 図1のとき、点Oの観測者が観測した崖からの反射音の振動数[Hz]はいくらか。
- (c) 図1のとき、点Oの観測者が観測したうなりは1秒間に何回か。
- (2) やがて車Aは点Pを通過した(図2)。車Aが点Pを通過した瞬間から、車Aのスピーカーは出す音の振動数を減少させていった。振動数の減少の割合は1秒あたり  $10 \text{ Hz}$  で一定であった(例えば、車Aが点Pを通過してから1.5秒後のスピーカーは  $485 \text{ Hz}$  の振動数の音を出していた)。車Bは、車Aが点Pを通過してから2秒後に一定の加速度  $2.4 \text{ m/s}^2$  で車Aを追いかけるはじめて(図3)、やがて点Qで車Aに追いついた(図4)。点Qを通過するときに車Bの観測者が観測した崖からの反射音の振動数は  $450 \text{ Hz}$  であった。
- (a) PQ間の距離[m]はいくらか。
- (b) 車Bが点Qを通過するときに車Bの観測者が観測した崖からの反射音は、もともといくらの振動数でスピーカーから出たか。その振動数[Hz]を求めよ。
- (c) QG間の距離[m]はいくらか。

Ⅳ (1)~(4)のうち3問を選択して解答せよ。

- (1) 理想気体をシリンダーに入れてなめらかに動くピストンで封じ込めた熱機関がある。この熱機関を右図の  $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$  のようにゆっくり変化させたとき、気体の最低温度を  $T_0 [\text{K}]$  とすると、最高温度は( )  $\times T_0$  である。( )に適当な数値を入れよ。
- (2) 発電所から遠く離れた村に送電線で電気が送られている。その村の4軒の家が同時に電気を使用すると、送電線で  $0.05\%$  の電力損失が起こる。何軒が同時に電気を使用すると、電力損失が  $2.5\%$  を超えるか。一軒当たりの使用電力はすべて同じとする。



- (3) 下記のAからDの物理量の次元を、質量、長さ、時間の次元[M], [L], [T]を組み合わせて表せ。(例えば速度の次元は  $LT^{-1}$  である)

A. エネルギー      B. ばね定数      C. 万有引力定数      D. 運動量

- (4) 長さ  $100 \text{ cm}$  の均質な細い金属棒ADを点Bと点Cで直角に曲げて図のようなコの字形にした。これを点Sで支えるとBCが水平となり釣り合って静止した。BSの長さは何cmか。なお、AB、BC、CDは、それぞれ  $35 \text{ cm}$ 、 $50 \text{ cm}$ 、 $15 \text{ cm}$  の長さであり、すべて同一平面内にある。

