

令和 7 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 8 ページ，解答用紙は 4 枚である。指示があつてから確認し，乱丁，落丁，印刷不鮮明の箇所等がある場合は，ただちに試験監督者に申し出ること。
3. 解答用紙の指定の箇所に解答のみを記入すること。指定箇所以外に記入された解答は採点の対象としない。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 〕

図 I のように、質量 m [kg] の小球 1 が長さ l [m] の糸で天井からつり下げられた振り子を、鉛直線となす角 θ [°] の位置 A から静かに離した。小球 1 が最下点 B に達したとき、小球 1 を糸から切り離し、あらい水平な床 BC の上をすべらせた。床 BC と小球 1 との動摩擦係数 μ は $\frac{2}{5}$ 、BC 間の距離は l [m] であり、C 点で曲面の床 CD になめらかに続いている。D 点の高さを $\frac{l}{3}$ [m] とし、曲面の床 CD と小球との摩擦は無視できる。小球 1 の大きさと空気抵抗は無視でき、糸は伸縮しないものとする。重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、運動は xy 平面内で行われるものとして、以下の問いに答えよ。

- (1) 最下点 B における小球 1 の速さ v_B [m/s] を l , θ , g を用いて表せ。
- (2) 小球 1 を糸から切り離す直前の糸の張力の大きさ T [N] を m , θ , g を用いて表せ。
- (3) 小球 1 が C 点で停止する場合、小球 1 の B 点での速さ v_B' [m/s] を l , g を用いて表せ。
- (4) 小球 1 が C 点を通過して曲面の床 CD の D 点で速さが 0 になるためには、 $\cos \theta$ をいくらにすればよいか。
- (5) (4) のとき、C 点における小球 1 の速さ v_C [m/s] を l , g を用いて表せ。
- (6) D 点で速さが 0 になった小球 1 が向きを変えてすべりだし、床 BC の途中で停止した。停止した位置と C 点との距離 l_1 [m] を l を用いて表せ。

次に、C 点に大きさと空気抵抗が無視できる質量 M [kg] ($M \leq m$) の小球 2 を置き、(4) の $\cos \theta$ を満たす角 θ [°] の位置 A から小球 1 を同じように A → B → C へ運動させて小球 2 に衝突させた。

- (7) 衝突後の小球 2 が D 点で速さが 0 になるために、小球 1 と小球 2 の反発係数 e が満たす条件を m , M を用いて表せ。

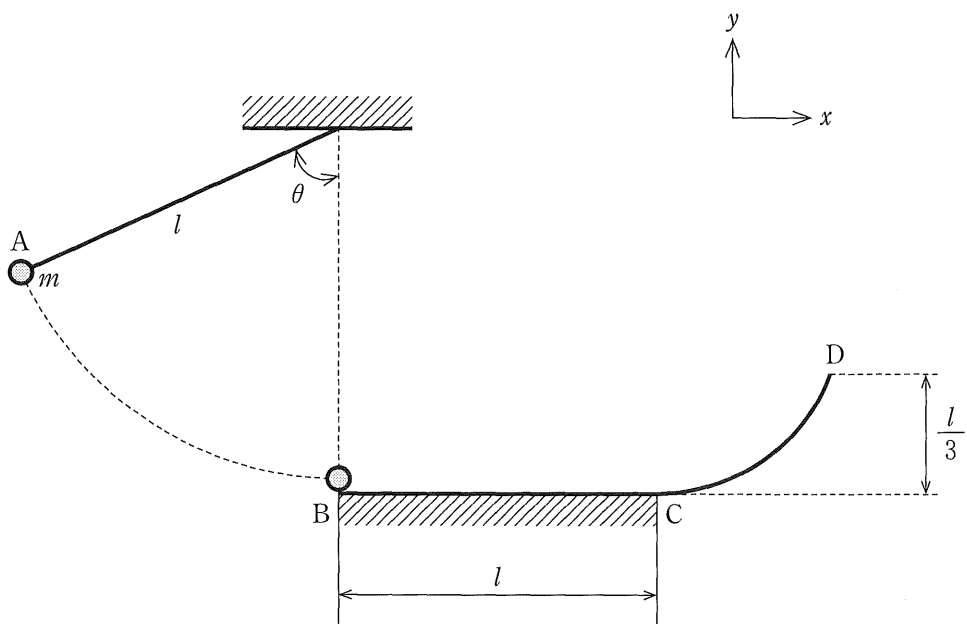


图 I

〔Ⅱ〕

なめらかに動くピストンがついた容器内に 1 mol の単原子分子の理想気体が閉じ込められている。この気体を図Ⅱに示す A, B, C の状態間において、次の①と②それぞれの過程で A から C にゆっくり状態変化させることを考える。

① $A \rightarrow B \rightarrow C$

② $A \rightarrow C$

ここで、①のうち $A \rightarrow B$ は定積変化、 $B \rightarrow C$ は定圧変化である。②は等温変化である。A での温度 T , 圧力 p , 体積 V はそれぞれ T_A [K], $3p_0$ [Pa], V_0 [m³], B での p , V はそれぞれ p_0 [Pa], V_0 [m³], C での p は p_0 [Pa] である。気体定数を R [J/(mol·K)], 定積モル比熱 C_V を $\frac{3}{2}R$ [J/(mol·K)], 定圧モル比熱 C_p を $\frac{5}{2}R$ [J/(mol·K)], $p_0 > 0$, $V_0 > 0$ とする。このとき、次の問いに答えよ。

(1) B での温度 T_B [K] を T_A を用いて表せ。また、C での体積 V_C [m³] を V_0 を用いて表せ。ただし、 $V_C > V_0$ とする。

(2) ①のうち $A \rightarrow B$ では気体が熱を (ア) し、 $B \rightarrow C$ では気体が熱を (イ) する。(ア) と (イ) に当てはまる語句の組み合わせとして次の a ~ d の中から正しいものを一つ選び、解答欄の該当する記号を丸で囲め。

- | | | |
|---|------------|------------|
| a | (ア) 外部から吸収 | (イ) 外部から吸収 |
| b | (ア) 外部から吸収 | (イ) 外部に放出 |
| c | (ア) 外部に放出 | (イ) 外部から吸収 |
| d | (ア) 外部に放出 | (イ) 外部に放出 |

さらに、①の $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, ②の $A \rightarrow C$ において気体が外部から吸収した熱量をそれぞれ $Q_{AB}[\text{J}]$, $Q_{BC}[\text{J}]$, $Q_{AC}[\text{J}]$ とし、①の $A \rightarrow B$, $B \rightarrow C$, ②の $A \rightarrow C$ において気体が外部にした仕事をそれぞれ $W_{AB}[\text{J}]$, $W_{BC}[\text{J}]$, $W_{AC}[\text{J}]$ とする。

(3) ①で気体が外部から吸収した熱量 $Q_{AB} + Q_{BC}$ を R と T_A を用いて表せ。

(4) ②で気体が外部から吸収した熱量 Q_{AC} は①で気体が外部から吸収した熱量 $Q_{AB} + Q_{BC}$ の $\frac{3}{2}$ 倍であった。このとき、①で気体が外部にした仕事 $W_{AB} + W_{BC}$ と②で気体が外部にした仕事 W_{AC} のそれぞれを R と T_A を用いて表せ。

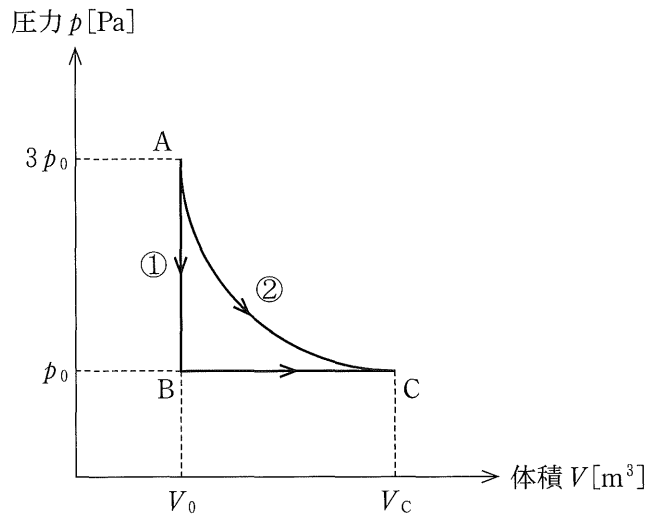


図 II

〔Ⅲ〕

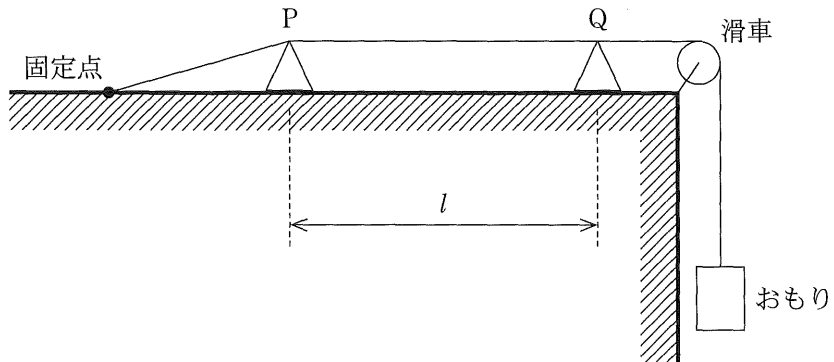
線密度(弦の単位長さあたりの質量) ρ [kg/m] の弦 A の一端を図Ⅲのように固定し、もう一端にはなめらかな滑車を通しておもりをつるした。弦 A の固定点と滑車の間には、2 個の支柱 P、Q(いずれも固定端)が l [m] の間隔で置かれている。弦 A につるしたおもりの質量を m_A [kg] とする。ただし、重力加速度の大きさを g [m/s²]、円周率を π とする。

弦 A の PQ の中点をはじくと、弦は振動して基本振動の定在波(定常波)が生じ、音が聞こえた。なお、弦を伝わる波の速さ v [m/s] は、弦を引く力の大きさを S [N] としたとき $v = \sqrt{\frac{S}{\rho}}$ と与えられ、この定在波は正弦波で表されるものとする。以下の問いに答えよ。ただし、弦の質量はおもりの質量に比べて十分小さいものとする。

- (1) この波の波長 λ_A [m]、速さ v_A [m/s]、振動数 f_A [Hz] を m_A 、 l 、 ρ 、 g のうち必要な記号を用いて表せ。
- (2) PQ の間隔を短くし、(1)と同じ強さで PQ の中点をはじくと、音はどのように変化するか。次の①～③の中から正しいものを一つ選び、解答欄の該当する記号を丸で囲め。
① 高くなる ② 低くなる ③ 変化しない
- (3) PQ の間隔を l に戻し、弦 A を線密度が異なるほかの材質に変え、PQ の中点ではじいた。同じ m_A のおもりのまま振動数を半分にするには、弦の線密度を何倍にすればよいか。
- (4) この波の振幅は a [m] である。PQ 間を n 個の等間隔な区間に分け、左端 P から数えて j 番目 ($j < n$) の区間の右端における波の振幅 a' [m] を求めよ。ただし、 n 、 j を整数とする。

この装置の近くに、弦 A と同じ線密度、同じ長さの弦 B を図Ⅲのように弦 A と同じ方法で固定し、同じ滑車を用いておもりをつるした。弦 B につるしたおもりの質量を m_B [kg] とし、 $m_A < m_B$ とする。このとき、弦 A、弦 B の PQ の中点を同時にはじくと、うなりを生じた。

- (5) 1秒あたりに生じるうなりの回数 N [回/s] を, ρ , g , l , m_A , m_B を用いて表せ。



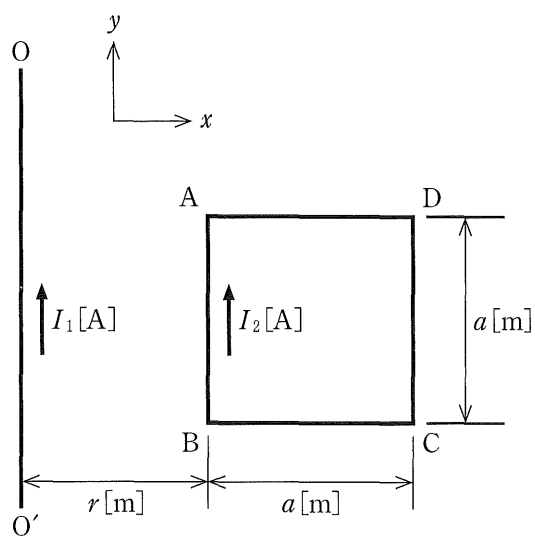
図Ⅲ

〔Ⅳ〕

図Ⅳのように、透磁率 $\mu_0 [\text{N/A}^2]$ の真空中に、十分に長い直線状導線 $\text{O-O}'$ と 1 辺の長さが $a [\text{m}]$ の正方形の軽くて変形しない一巻コイル ABCD が静止して置かれている。直線状導線 $\text{O-O}'$ とコイル ABCD は xy 平面内にある。コイル ABCD の辺 AB は、直線状導線 $\text{O-O}'$ から $r [\text{m}]$ ($r > 0$) の位置にあり、直線状導線 $\text{O-O}'$ と辺 AB は平行である。直線状導線 $\text{O-O}'$ には $I_1 [\text{A}]$ の一定電流、コイル ABCD には $I_2 [\text{A}]$ の一定電流が、それぞれ図示する向きに流れている。ただし、円周率を π とする。

このとき、以下の問いに答えよ。

- (1) 直線状導線 $\text{O-O}'$ を流れる電流 I_1 が、 $\text{O-O}'$ から x 軸方向の距離 $r [\text{m}]$ の場所を作る磁場の強さ $H [\text{A/m}]$ を求めよ。
- (2) 直線状導線 $\text{O-O}'$ を流れる電流 I_1 が辺 AB および辺 CD において作る磁場の磁束密度の大きさ $B_{\text{AB}} [\text{T}]$, $B_{\text{CD}} [\text{T}]$ をそれぞれ求めよ。
- (3) コイル ABCD が y 軸方向に受ける力の大きさ $F_y [\text{N}]$ を求めよ。
- (4) コイル ABCD が x 軸方向に受ける力の大きさ $F_x [\text{N}]$ と、力の働く向きを求めよ。
- (5) コイル ABCD に外力を加えて、静かに x 軸方向の正の向きに微小な距離 $\Delta x [\text{m}]$ 移動させた。このとき、外力がした仕事の正負と、その大きさ $\Delta W [\text{J}]$ を求めよ。ただし、 Δx は微小であるため、この移動の間のコイルが x 軸方向に受ける力は一定と考えてよいとする。



图IV

