

後期日程

令和5年度入学試験（後期日程）

物 理

（ 理 工 学 部 ）

————— 解答上の注意事項 —————

1. 「解答始め」の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
2. この問題冊子は全部で8ページあります。落丁、乱丁又は印刷不鮮明の箇所があったら、手を挙げて監督者に知らせなさい。
3. 解答紙4枚と計算紙1枚は、糊付けされています。「解答始め」の合図があったら、初めにすべての用紙を丁寧に切り離しなさい。上手に切り離せない場合や誤って破いてしまった場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
4. 問題は **1** から **4** まで4問あります。解答のみを、解答紙の指定された箇所に記入しなさい。
5. 解答しない問題がある場合でも、解答紙4枚すべてを提出しなさい。
6. 試験終了後、問題冊子と計算紙は持ち帰りなさい。

1

質量が m の小球を、質量が無視できる長さ l の伸縮しないひもの端に取り付け、もう一方の端を固定し、それを支点として小球とひものが鉛直面内で運動できるようにする。小球が運動しているときひもはたるまないとし、重力加速度の大きさを g とし、以下の問いに答えよ。ただし、問題中に使われる角度は、図に示す矢印の向きを正とする。

はじめに、図 1 のように、ひもを水平にした状態から静かに小球をはなす。

- (1) 小球が支点の真下を通過するときの小球の速さを求めよ。
- (2) ひもが鉛直線となす角が θ のときの小球の速さを求めよ。
- (3) ひもが鉛直線となす角が θ のときのひもの張力を求めよ。

次に図 2 のように支点の真下、最下点から高さ r の位置の点 A になめらかな細い釘を打ち、ひもが鉛直方向となす角が α の位置から小球を静かにはなす。ここで $r < l$ であり、 α は $\alpha > 0$ 、 $l(1 - \cos \alpha) < r$ を満たすとする。

- (4) 小球が最下点を通過した後、鉛直線となす角が β の位置で小球がいったん静止した。 $\cos \beta$ を求めよ。
- (5) ひもが鉛直線となす角が ϕ のときのひもの張力を、 m 、 g 、 l 、 r 、 β 、 ϕ のうち必要な文字を用いて表せ。ただし、 $0 < \phi < \beta$ とする。
- (6) 小球は最下点を通る周期的な運動をする。 β が非常に小さいとき、その運動の周期を求めよ。

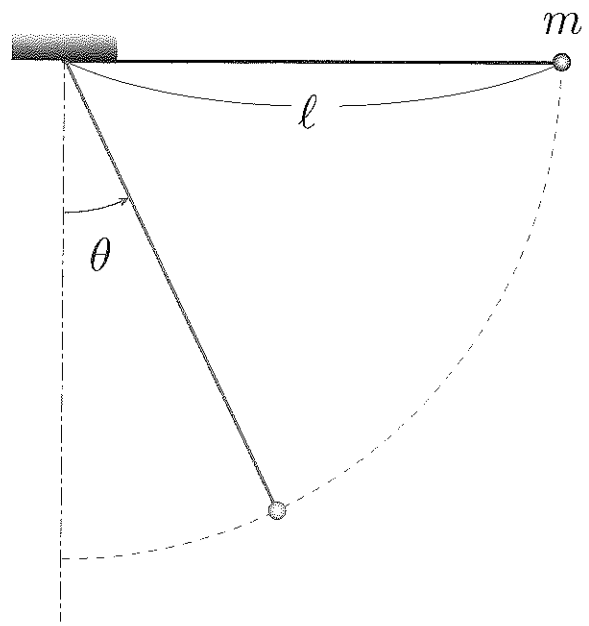


图 1

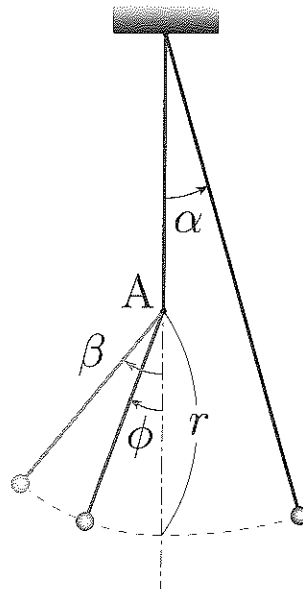


图 2

2

物質質量 n [mol]，定積モル比熱 C_v の理想気体を考える。ある状態 A において，圧力を p_A ，温度を T_A とする。気体定数を R として，以下の問いに答えよ。

- (1) 状態 A から，体積を一定に保ち，温度を $T_A + \Delta T$ に変化させた。このとき与えた熱量を C_v を含む式で表せ。
- (2) 状態 A から圧力を一定に保ちながら，体積を増加させ状態 B へ変化させた。この状態 B の温度を T_B とする。このときの体積の増加分を求めよ。
- (3) 状態 A から状態 B まで変化する際に吸収した熱量を C_v を含む式で表せ。
- (4) (3) の熱量を C_v の代わりに定圧モル比熱 C_p を用いて表せ。
- (5) 理想気体について成り立つ C_v と C_p の関係式を R を用いて書け。
- (6) 状態 A における理想気体の内部エネルギーが $xnRT_A$ と書けるとき，この理想気体の定圧モル比熱を x と R を用いて表せ。

3

図1のように、磁束密度 B の鉛直上向き（紙面の裏から表に向かう向き）の一様な磁場中に、点 A 、 C の間に切れ目のある半径 L の円形導線と、長さ L の導体棒 OP が、同一水平面上に置かれている。導体棒は点 P で円形導線に接し、円形導線の中心 O を支点として、一定の角速度 ω で反時計回りに回転している。点 O 、 A の間には抵抗値 R の抵抗が接続され、扇形 OAP は閉回路を構成する。

- (1) 導体棒 OP の中で、点 O からの距離が r の位置にある電気量 $-e$ の電子1個が、磁場から受ける力の大きさを求めよ。
- (2) 時間 Δt の間に、閉回路 OAP を貫く磁束はどれだけ増加するか求めよ。
- (3) 導体棒 OP に生じる起電力の大きさを求めよ。
- (4) 誘導電流の流れる向きを、図のア、イから選べ。
- (5) 点 A 、 C の間の切れ目の距離は円形導線の長さに比べ十分小さいとする。導体棒の点 P を、点 A から点 C まで1回転させるのに必要なエネルギーを求めよ。
- (6) 図2のように導体棒 OQ を追加し、同じ角速度 ω で反時計回りに回転させると、導体棒が1本の場合と比べて、抵抗 R に流れる誘導電流は何倍になるか求めよ。

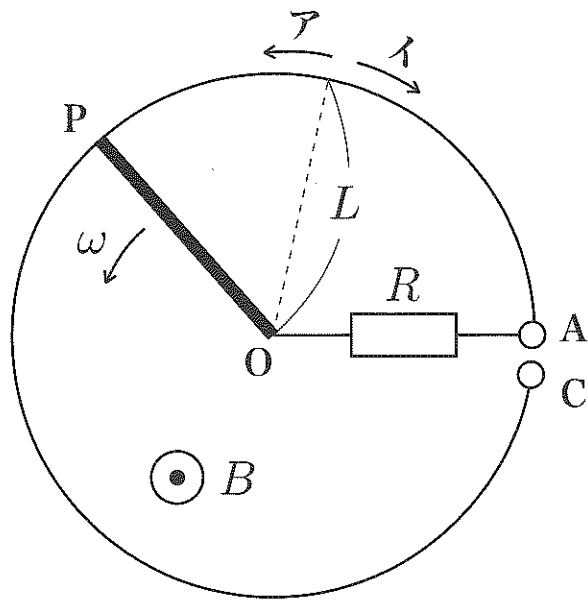


图 1

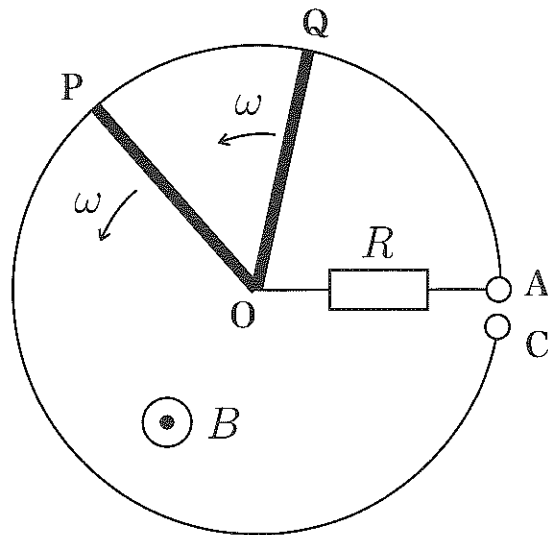


图 2

4

図のように、等速直線運動する物体に、後方から音波をあて、物体に反射された音波をマイクでとらえ電気信号に変えてオシロスコープで観測する。ただし、発音体もマイクも静止しており、物体の進行方向と同一直線上に置かれている。発音体の振動数を f 、音の速さを V とする。また、音波が当たっても物体の速度は変わらず一定の速さ v が保たれているとする。

まずは、風の無い場合を考える。

- (1) 物体が受け取る音波の振動数を求めよ。
- (2) 物体は (1) で求めた振動数の音波を反射しながら動いている。物体に反射された音波をマイクが受け取る時の振動数を求めよ。
- (3) マイクが発音体から直接伝わる音と物体に反射された音をともに受け取るとして、そのうなりの振動数を求めよ。ただし、うなりの振動数は2つの振動数の差で与えられるとする。
- (4) 発音体の振動数が $f = 1.0 \text{ kHz}$ 、(3) のうなりの振動数が 2.4 Hz 、音の速さが $V = 3.4 \times 10^2 \text{ m/s}$ のとき、物体の速さ v を、有効数字2桁で求めよ。

次に、発音体とマイクから物体の向きに、速さ w の一様な風が吹いている場合を考える。物体は速さ v で等速直線運動している。風の無いときの音の速さを V とする。このとき、次の振動数を、 w 、 v 、 V 、 f を用いて表せ。

- (5) 物体が受け取る音波の振動数。
- (6) 物体に反射された音波をマイクが受け取る時の振動数。

発音体



マイク



オシロスコープ

物体



v