

## 科目 物理

## 注意

1. 開始の合図があるまで、この冊子を開いてはいけない。
2. 問題は1ページから7ページにわたっている。解答用紙は3枚、下書用紙は3枚で、問題冊子とは別になっている。これらが不備な場合は、直ちにその旨を監督者に申し出ること。
3. 解答は、すべて解答用紙の所定の欄に記入すること。  
指定された解答用紙以外に記入した解答は、評価(採点)の対象としない。
4. すべての解答用紙の上部の欄に、志望学部と受験番号(2か所)を記入すること。
5. 試験終了後、問題冊子・下書用紙とも、持ち帰ること。



1

(1) 図 1 に示すように、水平面内で回転する円板について考える。この円板の回転中心は  $O$  であり、回転数は  $f$  [Hz] である。回転中心  $O$  から距離  $r$  [m] の地点の運動について、以下の問いに答えよ。ただし、この回転運動を円板の外から観察するものとする。

- (a) 速さ  $v$  [m/s] を  $f, r$  を用いて求めよ。解答欄に解答のみを示せ。
- (b) 向心加速度の大きさ  $a$  [m/s<sup>2</sup>] を  $f, r$  を用いて求めよ。解答欄に解答のみを示せ。

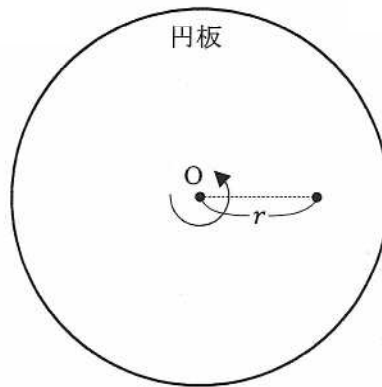


図 1

(2) 図 2 に示すように、円板内部のなめらかでまっすぐな溝にそって運動する質量  $m$  [kg] の小球 A について考える。溝は円板の中心方向を向いている。小球 A の位置は、円板の中心 O からの距離  $r$  [m] として表現する。小球 A はばね定数  $k_1$  [N/m],  $k_2$  [N/m] のばねにつながれており、両方のばねの他端は溝の壁面に固定されている。ばね定数  $k_1$  [N/m] のばねが固定されている壁面の位置は、円板の中心 O から距離  $r_0$  [m] である。また、円板が静止しているときは、両方のばねは自然長であり、小球 A の位置は  $r = r_0 + l$  [m] である。小球 A の大きさ、ばねの質量、空気抵抗および重力は無視できるものとして、以下の問いに答えよ。

- (c) 円板が中心 O まわりに回転数  $f$  [Hz] で回転しているときに、小球 A は位置  $r = R$  [m] で停止していた。 $R$  [m] を  $f, m, k_1, k_2, r_0, l$  を用いて求めよ。解答欄に解答のみを示せ。また、解法記述欄には解答を得るまでの解き方も示せ。
- (d) (c) の状態において、小球 A と両方のばねのもつ力学的エネルギーの合計  $E$  [J] を  $f, m, k_1, k_2, r_0, l, R$  を用いて求めよ。解答欄に解答のみを示せ。ただし、円板が静止しているときの位置エネルギーを 0 とする。
- (e) (c) の状態から、時刻  $t = t_0$  [s] で瞬間的に円板の回転を停止させたときについて、小球 A の位置変化としてもっとも適切な概形を図 3 の(ア)～(ク)の中から選択せよ。

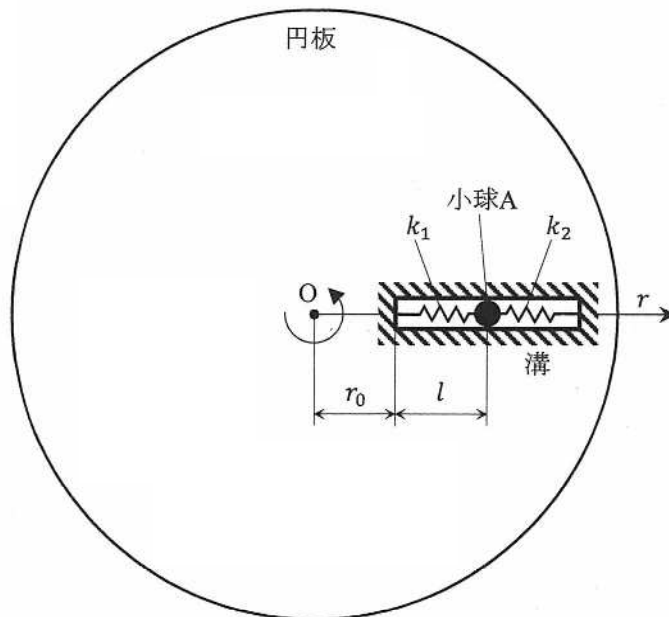


図 2

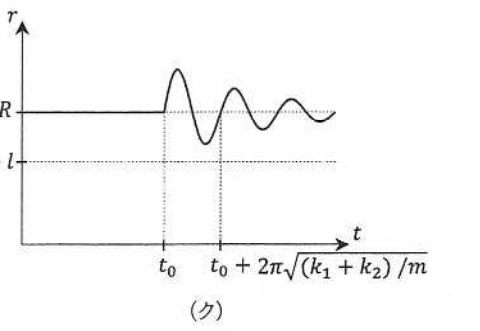
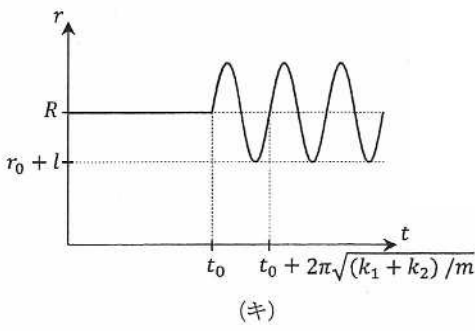
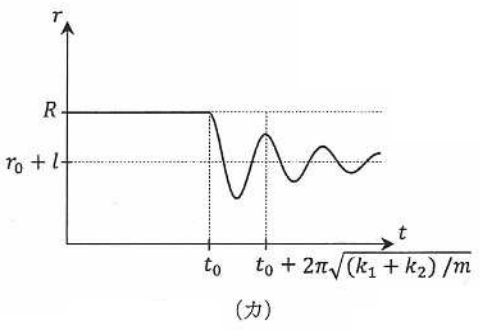
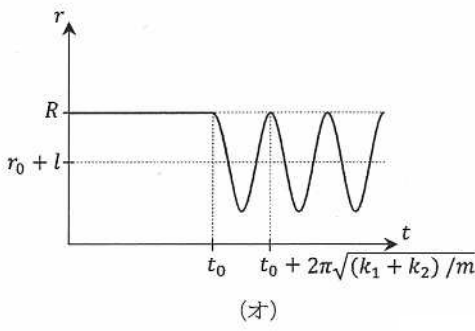
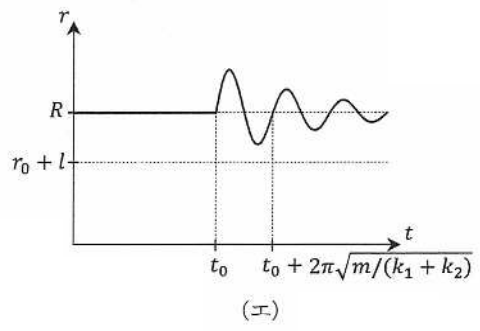
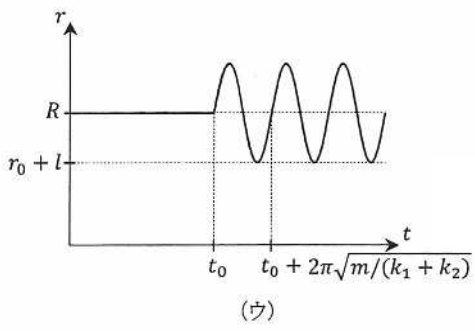
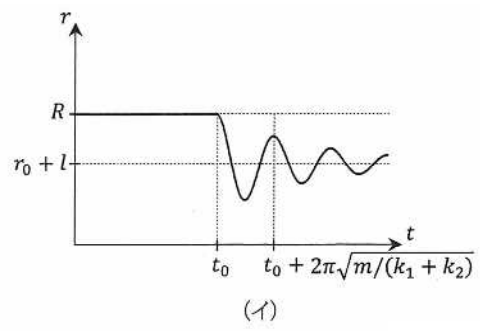
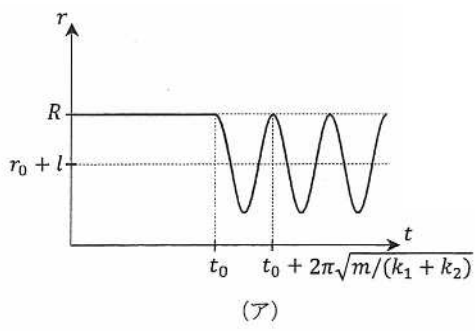


図 3

(3) 図4に示すように、大きさが無視できる質量  $m_1$  [kg] の小球 A を中心として、大きさが無視できる質量  $m_2$  [kg] ( $m_1$  は  $m_2$  より十分大きい) の小球 B が万有引力によって等速円運動している。このときの回転半径は  $r$  [m] であり、回転数は  $f$  [Hz] である。小球 A は動かないものとして、以下の問いに答えよ。

(f) 回転数が 8 倍になると、回転半径は何倍になるかを求めよ。解答欄に解答のみを示せ。

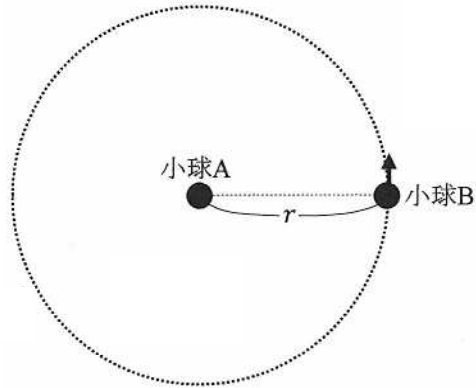


図 4

2

一様な導線を 1 巻きして作った 1 辺の長さが  $L$  の正方形のコイル (質量  $m$ , 抵抗  $R$ ) を図 1 のように落下させる。鉛直方向の下向きを  $y$  軸の正の向きとし、これと直交する方向に  $x$  軸をとる。また、図 1 の網掛け (⊙) の領域 ( $x \geq 0, 0 \leq y \leq L$ ) には、磁束密度の大きさ  $B$  の一様な磁場が  $x$  軸と  $y$  軸で作られる面に垂直で紙面の表から裏へ向かう向き (⊗) に加えられている。コイルは常に  $x$  軸と  $y$  軸で作られる面内にあり、コイルの向かい合う一組の 2 辺は常に  $y$  軸と平行に、残る 2 辺は常に  $x$  軸と平行に落下するものとする。コイルの位置は一番下の辺の  $y$  座標で表し、コイルに使用する導線は  $L$  に比べて十分細いものとする。なお、重力加速度の大きさを  $g$  とし、自己誘導や空気抵抗は無視する。以下の問いに答えよ。

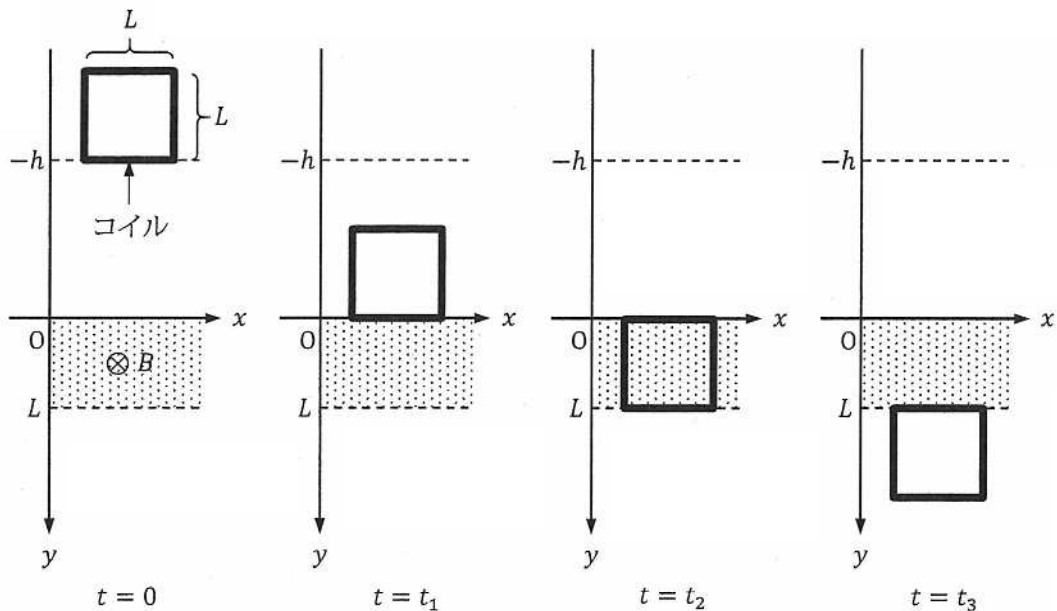


図 1 正方形のコイルが落下する様子。時刻  $t$  によりコイルの位置が変わっている。ただし、 $0 < t_1 < t_2 < t_3$  である。

- (1) 時刻  $t = 0$  に初速 0 でコイルを  $y = -h$  ( $h > 0$ ) から落下させた。以下の解答には  $g, h, m$  のうち適切なものを用いて求め、解答欄に解答のみを記せ。
- (a) コイルが  $y = 0$  に到達する時刻  $t_1$  を求めよ。
- (b) 時刻  $t_1$  でのコイルの速さ  $v_1$  を求めよ。

- (2) コイルが磁場中を落下して  $y$  ( $0 < y < L$ ) に到達した。このとき、コイルの速さは  $v$  であった。以下の解答には  $g, m, v, y, B, L, R$  のうち適切なものを用いて求め、解答欄に解答のみを記せ。ただし、コイルにはたらく力について、力の向きが  $y$  軸の正の向きであるときを正として求めよ。
- (c) コイルを貫く磁束の大きさを求めよ。
  - (d) コイルに生じる起電力の大きさを求めよ。
  - (e) コイルに流れる電流の大きさを求めよ。
  - (f) コイルが磁場から受ける力を求めよ。
  - (g) コイルにはたらく力の合力を求めよ。
- (3) コイルが  $y = 0$  に到達したときのコイルの速さ  $v_1$  の値によって、その後、コイルが磁場中を落下していくときに加速する場合と減速する場合がある。
- (h) コイルが  $y = 0$  に到達してから  $y = L$  に到達するまでに加速から減速に転じたり、または、その逆になったりすることがないことの原因を解法記述欄に示せ。
  - (i) コイルが磁場中を落下するときに加速する場合と減速する場合のそれぞれについて、速さ  $v_1$  の条件を  $g, m, B, L, R$  のうち適切なものを用いて求め、解答欄に解答のみを記せ。
- (4) 時刻  $t = 0$  に初速  $0$  でコイルを  $y = -h_1$  ( $h_1 > 0$ ) から落下させたところ、コイルが磁場中にあるあいだ ( $0 \leq y \leq 2L$ ) は等速で落下した。コイルが  $y = 0$  に到達した時刻は  $t_1$ 、 $y = L$  に到達した時刻は  $t_2$ 、 $y = 2L$  に到達した時刻は  $t_3$  であった。以下の解答には  $g, m, B, L, R$  のうち適切なものを用いて求め、解答欄に解答のみを記せ。
- (j) 時刻  $t = 0$  でのコイルの位置  $h_1$  を求めよ。
  - (k) 時間  $t_2 - t_1$  を求めよ。
  - (l) 時刻  $t_1$  から  $t_2$  の間にコイルで消費される電力を求めよ。
  - (m) 時刻  $t_1$  から  $t_2$  の間に熱として発生するエネルギーを求めよ。
  - (n) 時間  $t_3 - t_2$  を求めよ。
  - (o) 時刻  $t = 0$  から  $t$  ( $t > t_3$ ) までの、コイルの速さ  $v$  の時間変化をグラフ解答欄に図示せよ。ただし、グラフには速さの時間変化を表す直線あるいは曲線をその傾きなどに注意して記入するほか、時刻  $t_3$  以降の速さの時間変化の様子もわかるように記入すること。また、時刻  $t_2$  の目盛りと時刻  $t_1, t_2, t_3$  における速さを示す目盛りとその速さを表す式も記入すること。



3

図1のようになめらかに動く面積  $S$  のピストンがついたシリンダーが水平に置かれている。はじめ、ピストンは静止している。シリンダーの底面とピストンは互いに平行であり、ピストンはシリンダーの側面に対して常に垂直である。シリンダー内には、物質量  $n$  の単原子分子理想気体が閉じ込められており、加熱冷却器が備え付けてある。外気の気圧は  $P$  であり、ピストンの質量は  $m$  である。シリンダーとピストンは断熱材でできており、シリンダーやピストンを通した熱の出入りは考えなくてよい。加熱冷却器の体積と熱容量は無視できるものとする。気体定数は  $R$  であり、重力加速度の大きさは  $g$  である。以下の問いに答えよ。

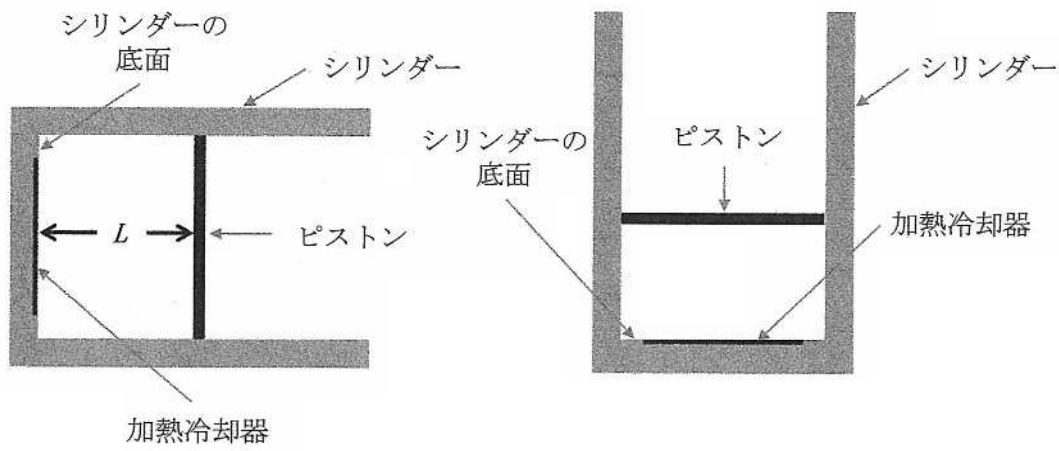


図1

図2

- (1) 図1の状態ではシリンダー内の気体の絶対温度は  $T_A$  であった(状態 A)。この時のピストンとシリンダーの底面との間の距離  $L$  を求めよ。 $S, n, R, P, T_A$  を用いて表し、解答欄に解答のみを示せ。
- (2) 次に、十分ゆっくりとシリンダーを起こし、図2のように鉛直に立てた(状態 B)。この時のシリンダー内の気体の圧力を求めよ。 $S, P, m, g$  を用いて表し、解答欄に解答のみを示せ。
- (3) 状態 B でのシリンダー内の気体の絶対温度は  $T_B$  であった。状態 A から状態 B への気体の内部エネルギーの増加量を求めよ。 $n, R, T_A, T_B$  を用いて表し、解答欄に解答のみを示せ。
- (4) 次に、状態 B からシリンダー内の気体を十分ゆっくりと加熱し、気体の絶対温度を  $T_C$  まで上昇させた(状態 C)。状態 B から状態 C への変化の際のピストンの位置エネルギーの増加量を求めよ。 $S, n, R, P, T_B, T_C, m, g$  を用いて表し、解答欄に解答のみを示せ。
- (5) 状態 B から状態 C への変化の際にシリンダー内の気体に与えられた熱量を求めよ。 $n, R, T_B, T_C$  を用いて表せ。解法記述欄に解答を得るまでの解き方を示し、解答欄に解答のみを示せ。
- (6) 次に、状態 C から十分ゆっくりとシリンダーを倒し水平にした(状態 D)。その後、シリンダー内の気体を十分ゆっくりと冷却したところ状態 A にもどった。気体の状態変化について、状態 A→B, 状態 B→C, 状態 C→D, 状態 D→A の各過程は等温、等圧、等積、断熱のいずれの過程であるか、解答欄中の適切なものを○で囲んで選べ。

受験番号					

物 理	小 計
(3-1)	

科目	物 理
----	-----

志望学部	受験番号
学部	

## 解 答 用 紙

(3枚中の第1枚)

1

問 (1)	解答欄 (a)	[m/s]
	解答欄 (b)	[m/s <sup>2</sup> ]
問 (2)	解法記述欄 (c)	
	解答欄 (c)	[m]
	解答欄 (d)	[J]
	解答欄 (e)	
問 (3)	解答欄 (f)	

採 点

--

受 験 番 号

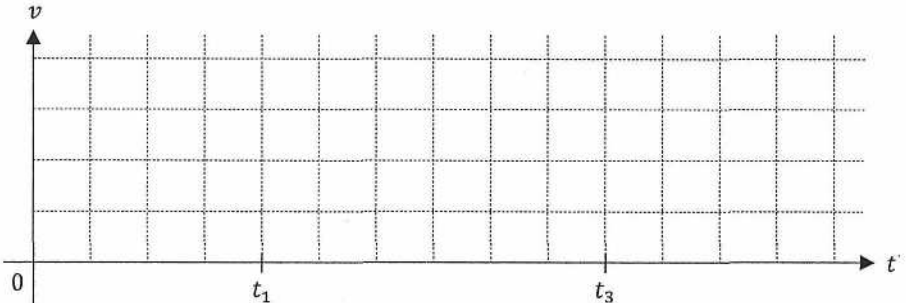
物 理	小 計
( 3 - 2 )	

科 目	物 理	志 望 学 部	受 験 番 号
		学 部	

解 答 用 紙

( 3 枚 中 の 第 2 枚 )

2

問 (1)	解答欄 (a)	解答欄 (b)		
問 (2)	解答欄 (c)	解答欄 (d)	解答欄 (e)	
問 (3)	解法記述欄 (h)			
問 (4)	解答欄 (i) 加速するときの条件	減速するときの条件		
問 (4)	解答欄 (j)	解答欄 (k)	解答欄 (l)	解答欄 (m)
問 (4)	解答欄 (n)	グラフ解答欄 (o)		
				

採 点

受験番号				

物 理	小 計
(3-3)	

科 目	物 理	志望学部	受験番号
		学部	

解 答 用 紙

(3枚中の第3枚)

3

問 (1)	解答欄			
問 (2)	解答欄			
問 (3)	解答欄			
問 (4)	解答欄			
問 (5)	解法記述欄			解答欄
	解答欄 状態A→B 等温 等圧 等積 断熱		解答欄 状態B→C 等温 等圧 等積 断熱	
問 (6)	解答欄 状態C→D 等温 等圧 等積 断熱		解答欄 状態D→A 等温 等圧 等積 断熱	

採 点

見本

下書用紙

見本

下書用紙

見本

下書用紙