

## 後期日程

令和3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。

# 令和3年度入学試験 問題訂正

○後期日程

○科目名 物理

訂正箇所	7 ページ <span style="border: 1px solid black; padding: 0 2px;">4</span> 上から9行目
誤	要する時間を求めよ。
正	要する時間を求めよ。 <u>(2) で求めた関係式を使って もよい。</u>

1

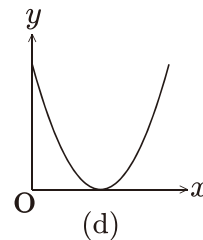
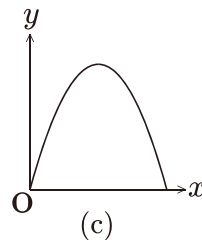
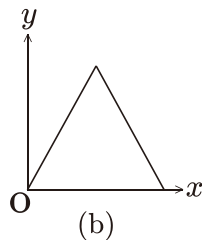
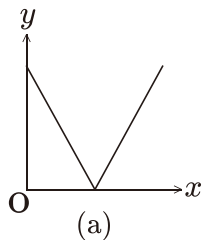
図のように、ばね定数  $k$  のばねを天井から鉛直につり下げ、下端に質量  $m$  の小球をとりつける。ばねの長さが自然の長さになるように、板で小球を支える。ばねの質量と空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問いに答えよ。

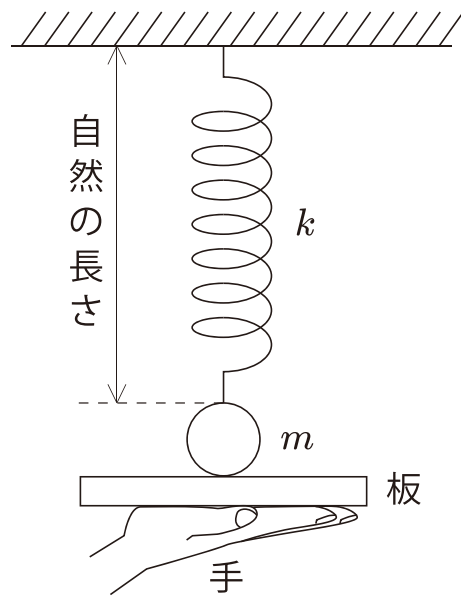
図の状態から板を鉛直方向にゆっくりと下げていくと、ばねは自然の長さから伸びていき、あるところで板は小球から離れる。

- (1) 板が小球から離れる瞬間の、ばねの自然の長さからの伸びを求めよ。
- (2) ばねの自然の長さからの伸びが  $x$  のとき、板が小球を支える力の大きさを求めよ。ここで、板は小球から離れていないとする。
- (3) 板が小球から離れるまでの間に、板が小球に対してした仕事を求めよ。

図の状態において、板を急に取り去ると、小球は単振動をする。

- (4) ばねが伸びている状態で、小球の速さが  $0$  となる瞬間の、ばねの自然の長さからの伸びを求めよ。
- (5) 小球の速さが最大となる瞬間の、ばねの自然の長さからの伸びを求めよ。
- (6) (5) のときの小球の速さを求めよ。
- (7) ばねの自然の長さからの伸びが  $x$  のときの小球の運動エネルギーを  $y$  とする。 $x$  と  $y$  の関係を表すもっとも適切なグラフを、(a) ~ (d) の中から一つ選べ。





2

図1のように、大気圧  $p_0$  の大気中で底面が水平面と  $30^\circ$  の角度をなして立てられた断面積  $S$  のシリンダーに、質量  $M$  のなめらかに動くピストンがついている。シリンダーの底面からピストンの底までの空間に、物質量  $n$  の単原子分子理想気体が閉じ込められている。はじめ、シリンダー内の気体の圧力は大気圧と等しく  $p_0$  であり、シリンダーの底面からピストンの底までの距離は  $L_0$  であった。シリンダーとピストンは断熱材料でできており、これらの熱容量を無視でき、シリンダー内で気体の圧力と温度は場所によらず同じ値をとるものとする。気体定数を  $R$  とし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。以下の問いに答えよ。

- (1) シリンダー内の気体の圧力が  $p_0$  で、シリンダーの底面からピストンの底までの距離が  $L_0$  の位置にとまっている初期状態のシリンダー内の気体の温度を求めよ。

次に、シリンダー内の気体をゆっくり加熱した。ある一定の熱量を与えたところ、ピストンが動き出した。

- (2) ピストンが動き出す瞬間のシリンダー内の気体の温度を求めよ。
- (3) 初期状態からピストンが動き出す瞬間までにシリンダー内の気体に与えた熱量を求めよ。

さらに加熱すると、ピストンがゆっくり上昇し、シリンダーから抜けないうまま、図2のようにシリンダーの底面からピストンの底までの距離が  $L$  の位置に到達した。

- (4)  $L$  の位置に到達したときのシリンダー内の気体の温度を求めよ。
- (5) ピストンが動き出した瞬間から (4) の状態になるまでにシリンダー内の気体に与えた熱量を求めよ。

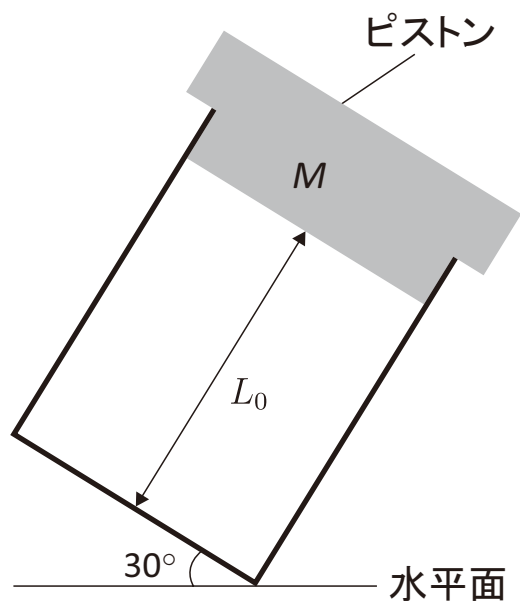


図 1

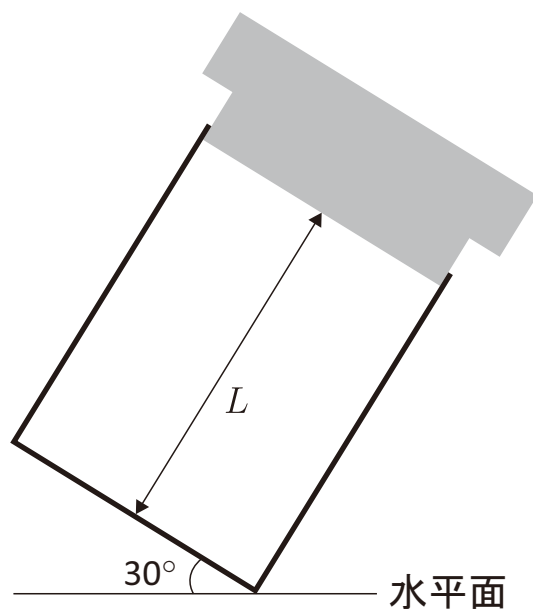
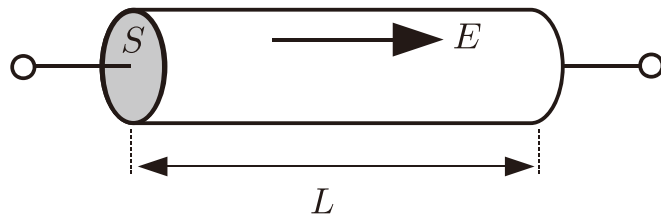


図 2

3

図のような断面積  $S$ 、長さ  $L$  の円柱状の導体の中に、質量  $m$ 、電荷  $-e$  ( $e$  は電気素量) の自由電子が単位体積あたり  $n$  個存在しているとする。導体の両端には電位差があり、導体の中には強さ  $E$  の一様な電場があるとする。自由電子は電場から力を受けて動き始めるが、熱運動している原子などから抵抗力を受け、やがて、電場から受ける力と抵抗力はつり合って、一定の速さ  $v$  で移動するようになる。このときの抵抗力の大きさは  $kv$  ( $k$  は比例定数) で表されるものとする。以下の問いに答えよ。

- (1) 自由電子 1 個が電場から受ける力の大きさを求めよ。
- (2) 導体の両端における電位差を求めよ。
- (3) 比例定数  $k$  を求めよ。
- (4) 電流の大きさは、単位時間に導体の断面を通過する電気量と考える。導体を流れる電流の大きさを、 $S$ 、 $L$ 、 $m$ 、 $e$ 、 $n$ 、 $E$ 、 $v$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (5) この導体の電気抵抗を、 $S$ 、 $L$ 、 $m$ 、 $e$ 、 $n$ 、 $E$ 、 $v$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (6) この導体で、単位時間あたりに発生するジュール熱を、 $S$ 、 $L$ 、 $m$ 、 $e$ 、 $n$ 、 $E$ 、 $v$  の中から必要なものを用いて表せ。
- (7) この導体が銅でできている場合を考える。断面積  $S = 1.0 \times 10^{-6} \text{ m}^2$  として、この導体に  $1.0 \text{ A}$  の電流を流すとき、自由電子の速さを次の選択肢 (a)~(d) の中から選び、その記号を答えよ。ただし、銅の  $1 \text{ mol}$  あたりの質量は  $6.4 \times 10^{-2} \text{ kg/mol}$ 、密度は  $8.9 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$  とし、銅原子 1 個あたり 1 個の自由電子が存在するとする。また、アボガドロ定数は  $6.0 \times 10^{23} / \text{mol}$ 、電気素量は  $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$  とする。
  - (a)  $7.5 \times 10^{-5} \text{ m/s}$
  - (b)  $3.8 \text{ m/s}$
  - (c)  $5.9 \times 10^3 \text{ m/s}$
  - (d)  $1.5 \times 10^6 \text{ m/s}$





4

光の薄膜による干渉について、以下の問いに答えよ。

図のように、厚さ  $d$ 、屈折率  $n$  の薄膜に入射角  $\theta$  で波長  $\lambda$  の光が入射している。薄膜の外は真空とする。A 点で薄膜に入射した光は、薄膜の反対面にある C 点で反射し B 点から出てくる。この光と B 点の薄膜表面で直接反射する光が干渉をおこす場合を考える。AD は入射波の波面であり、真空中の光速は  $c$  とする。

- (1) 薄膜内での光の (i) 速さと (ii) 波長を求めよ。
- (2) 薄膜境界の光の屈折角  $\alpha$  と入射角、屈折率の関係を求めよ。
- (3) A 点で薄膜に入射した光が、膜の反対面で反射して B 点に到達するまでに要する時間を求めよ。
- (4) 直接反射する光が D 点から B 点に到達するまでに要する時間を求めよ。
- (5) 異なる経路を通る光の到達時間の差と光速  $c$  の積が、真空中の光路差になる。(3), (4) から光路差を求めよ。ただし、 $\theta$  は (2) の関係式を利用して消去せよ。
- (6) 二つの光が強め合うために必要な光路差の満たすべき条件を求めよ。ただし、0 以上の整数を表す記号として  $m$  を用いよ。
- (7) 薄膜は、メガネレンズのコーティング膜として使用される場合がある。コーティング膜はレンズ表面の保護に加え、光の反射を抑え、より多くの光を透過させることを目的としている。コーティング膜に要求される条件（屈折率  $n$ 、膜厚  $d$ ）として適切なものを以下から選べ。ただし、レンズの屈折率を  $n_L$  とし、光は垂直入射する場合を考える。
  - (a)  $n < n_L$ ,  $d$  は薄膜中の光の波長の 4 分の 1 にする
  - (b)  $n < n_L$ ,  $d$  は薄膜中の光の波長の半分にする
  - (c)  $n > n_L$ ,  $d$  は薄膜中の光の波長の 4 分の 1 にする

