

## 後期日程

令和4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7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

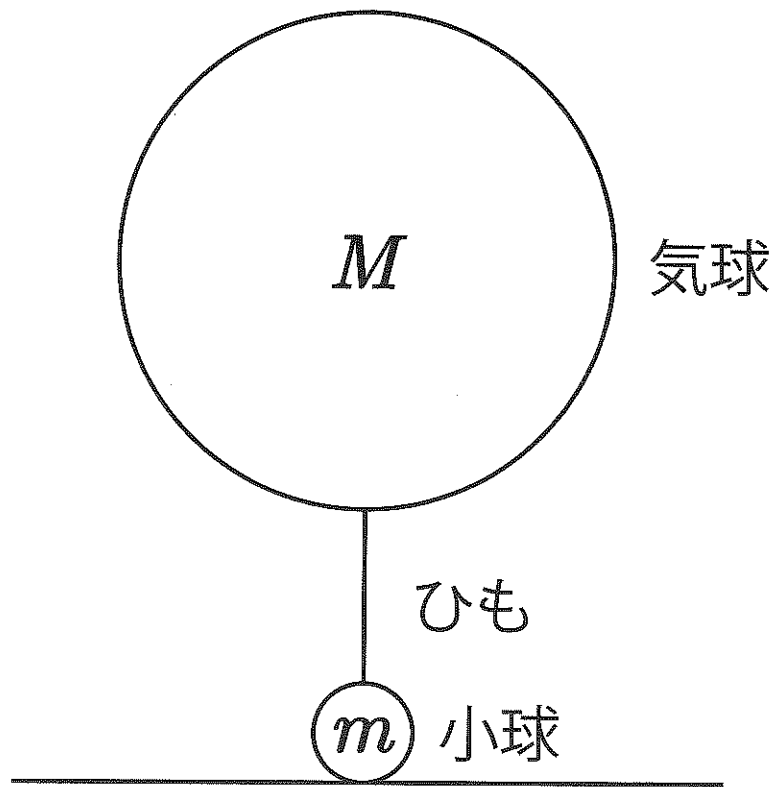
質量  $M$  の気球に質量の無視できる軽いひもが取り付けられていて、ひもの他端に質量  $m$  の小球がつるさされている。気球には鉛直上向きに一定の力（浮力）がはたらく。重力加速度の大きさを  $g$  として、以下の問いに答えよ。ただし、空気の抵抗および小球にはたらく浮力は無視するものとする。

図のように、ひもがたるまず鉛直に保たれたまま、気球と小球が初速度  $0$  で地上から鉛直上向きに上昇し始めた。時間が  $T$  だけ経過したとき、小球の地上からの高さは  $h$  であった。

- (1) 気球の加速度の大きさ  $a$  を、 $h$ ,  $T$  を用いて表せ。
- (2) 気球が上昇し始めてから、時間  $T$  だけ経過したときの気球の速さ  $v_0$  を、 $a$ ,  $T$  を用いて表せ。
- (3) ひもが小球を引く力の大きさを、 $m$ ,  $g$ ,  $a$  を用いて表せ。
- (4) 気球にはたらく浮力の大きさを、 $M$ ,  $m$ ,  $g$ ,  $a$  を用いて表せ。

小球の地上からの高さが  $h$  になった瞬間にひもが切れた。

- (5) ひもが切れてから、小球が地上に到達するまでの時間を、 $v_0$ ,  $h$ ,  $g$  を用いて表せ。
- (6) ひもが切れてから時間が  $t$  だけ経過したとき、気球から見た小球の速度を、浮力の大きさを  $F$  として、 $M$ ,  $F$ ,  $t$  を用いて表せ。ただし、小球は地上に到達していないとし、鉛直上向きを速度の正の向きとする。



2

シリンダー内にピストンで閉じ込められた単位物質量の単原子分子理想気体の3つの状態の間での変化を考える。気体の状態とその間の変化は、体積を横軸、絶対温度を縦軸とすると図1で示される。A→Bは定積過程、A→Cは等温過程であり、BとCを結ぶ線は直線である。気体定数を $R$ として、以下の問いに答えよ。

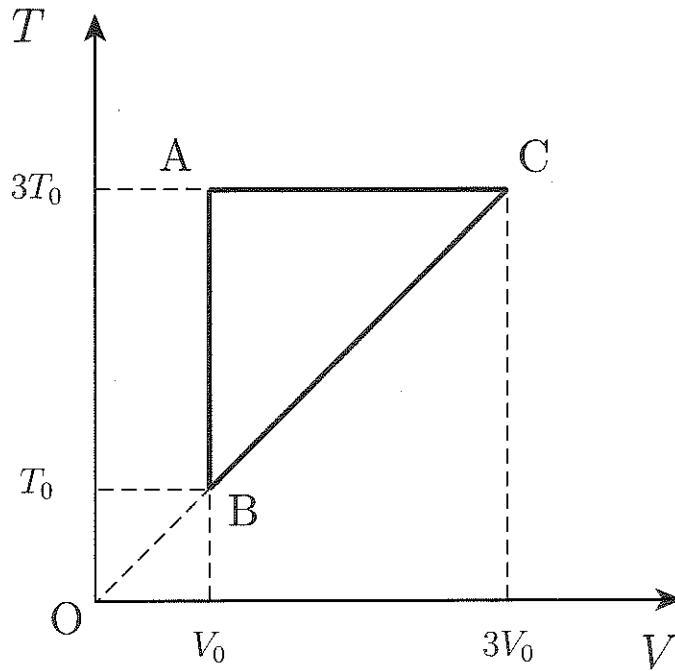
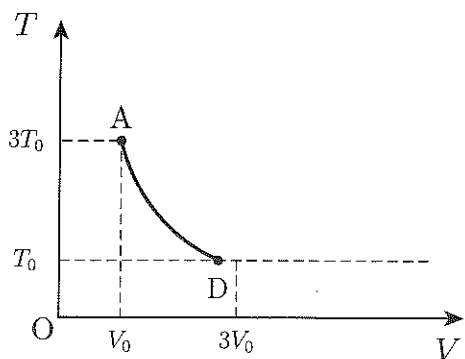


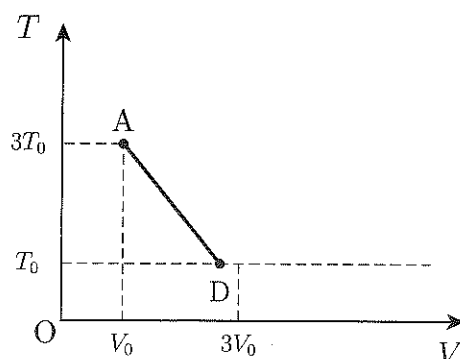
図1

- (1) 状態Aでの気体の圧力を求めよ。
- (2) A→Bの過程で気体が放出した熱量を求めよ。
- (3) B→Cの過程で気体が外部にした仕事を求めよ。
- (4) B→Cの過程で気体が吸収した熱量を求めよ。

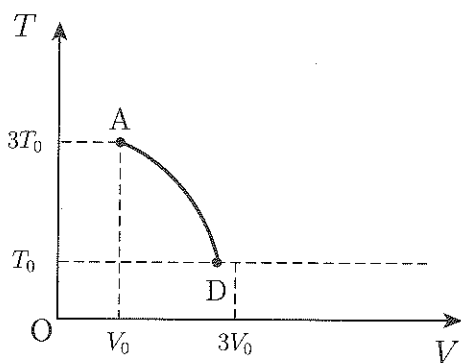
(5) 状態Aにある気体を断熱過程でBと同じ温度の状態Dへと変えるとき、この過程を表す線として図2の中から正しいものを選び、記号で答えよ。



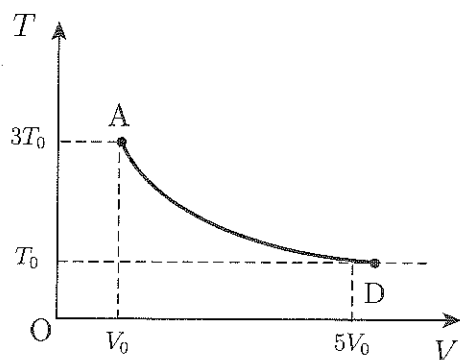
(ア)



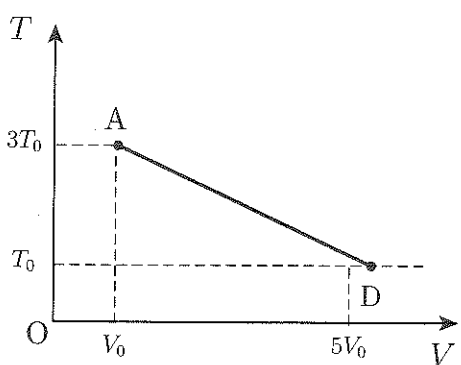
(イ)



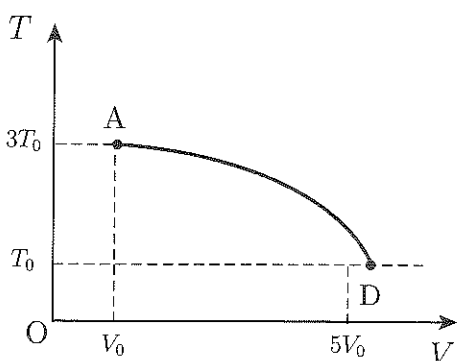
(ウ)



(エ)



(オ)



(カ)

図2

3

図1のように、十分に長い直線の導線Pと長方形の導線による回路ABCDが、同一平面上になるように空気中に置かれている。長方形の導線の辺ABおよびDCの長さは $a$ であり、辺BCおよびADの長さは $b$ である。辺BCおよびADは導線Pに平行である。導線Pおよび回路ABCDは変形しないものとし、空気の透磁率を $\mu$ とする。導線Pには図1の向きに大きさ $I_1$ の電流が流れている。

初め、回路ABCDには図1の向きに大きさ $I_2$ の電流が流れており、辺ADと導線Pとの間の距離は $L$ である。

- (1) 導線ADが電流 $I_1$ による磁場から受ける力の大きさを求めよ。
- (2) 回路ABCD全体が電流 $I_1$ による磁場から受ける力の大きさを求めよ。
- (3) (2)の力の向きは、図の左向き、右向き、上向き、下向きのいずれであるかを答えよ。

次に、図2のように回路ABCDの中心と導線Pとの間の距離が $x$ で、回路ABCDに電流を流さない状態から、回路ABCDを図の右向きに速さ $v$ で移動させる。ただし、 $x$ は $a$ より十分大きいとし、回路ABCDの抵抗を $R$ とする。

- (4)  $x$ が $a$ より十分大きいことから、電流 $I_1$ の作る磁場は回路ABCDの内側で、その中心での磁場と等しく均一であると見なすことができる。回路ABCD内を貫く磁束を求めよ。
- (5) 図2の状態から微小な時間 $\Delta t$ が経ったとき、磁束は(4)からどれだけ減少するか求めよ。ただし、 $v\Delta t$ が $x$ より十分小さいとし、 $|\alpha|$ が1より十分小さいときに成り立つ近似公式 $\frac{1}{1+\alpha} \cong 1-\alpha$ を用いること。
- (6) 回路ABCDに生じる起電力を求めよ。
- (7) 回路ABCDに生じるジュール熱は、回路ABCDを動かしている外力によると考えられる。(6)で求めた起電力を $V$ とし、外力の大きさを $V$ 、 $R$ 、 $v$ を用いて示せ。

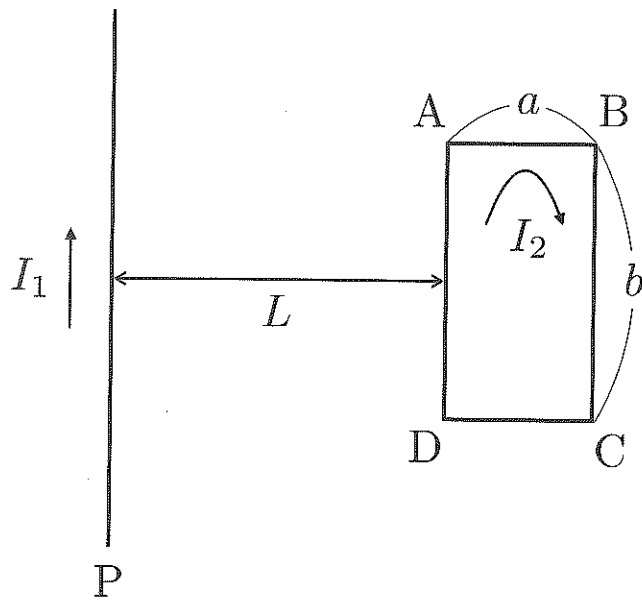


图 1

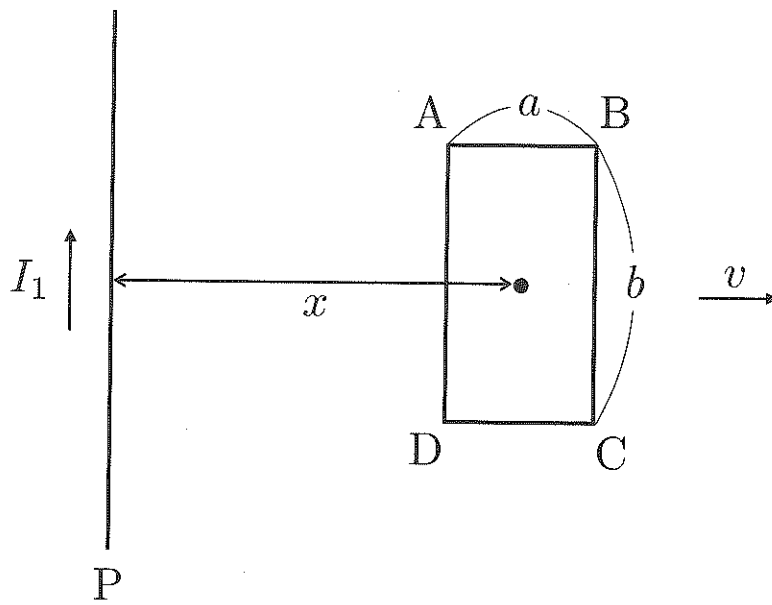
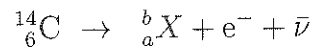


图 2

4

炭素 14 ( $^{14}_6\text{C}$ ) を用いた年代測定について、以下の問いに答えよ。ただし、数値で答える場合は、2桁の小数と10のべき乗を使い、 $l.m \times 10^n$  の形で書け。 $l$  は1~9の整数、 $m$  は0~9の整数、 $n$  は整数とする。例えば  $0.00023$  は  $2.3 \times 10^{-4}$  とせよ。

炭素 14 は、炭素の放射性同位体であり



の原子核反応過程により、 ${}^b_a\text{X}$  原子、電子と(反)ニュートリノに崩壊し、その半減期は5730年 ( $1.81 \times 10^{11}$  秒) である。炭素 14 原子の質量(電子を含む)は、炭素 12 ( $^{12}_6\text{C}$ ) 原子の質量を  $12 u$  とする原子質量単位で表すと  $14.00324 u$  である。また、 ${}^b_a\text{X}$  原子の質量は  $14.00307 u$  である。1  $u$  の質量エネルギーは、 $931.5 \text{ MeV}$  とする。

- (1)  ${}^b_a\text{X}$  原子の元素記号 (i)、原子番号 (ii)、質量数 (iii) を答えよ。
- (2) 炭素 14 の崩壊過程として適当なものを以下から選び、記号で答えよ。  
(ア)  $\alpha$  崩壊 (イ)  $\beta$  崩壊 (ウ)  $\gamma$  崩壊 (エ)  $\delta$  崩壊
- (3) 崩壊後の電子が持ち得る最大の運動エネルギーを  $\text{MeV}$  の単位で答えよ。

炭素 14 は自然崩壊により減少する一方、宇宙線により大気中の  ${}^b_a\text{X}$  原子から新たに生成されるため、地表での全炭素に対する炭素 14 の割合は長い年月にわたり  $1.2 \times 10^{-12}$  で一定と見なすことができる。動植物は炭素を摂取して生命活動を営むため、体内の炭素 14 の割合は常に一定に保たれるが、生命活動の終了と共に新たな炭素を吸収しなくなり、炭素 14 だけが自然崩壊して減少する。

- (4) 地表にある炭素 1g の中に含まれる炭素 14 の個数を求めよ。アボガドロ定数は  $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$  とする。
- (5) 炭素 14 の割合を測定する方法として崩壊によって作られる電子を計測する方法がある。この場合 1g の炭素の中で炭素 14 は、1秒間に平均何個崩壊するか求めよ。1秒間に崩壊する確率は  $\frac{1}{\tau}$  で与えられる。ここで  $\tau$  は寿命を表し、半減期の約 1.44 倍である。
- (6) ある木片に含まれる炭素 14 の割合を調べたところ、現在の炭素に比べ  $\frac{1}{\sqrt{2}}$  であった。この木片は、何年前に生命活動を終えたのか推測せよ。