

令和 4 年 度  
入学者選抜学力試験問題  
後 期 日 程

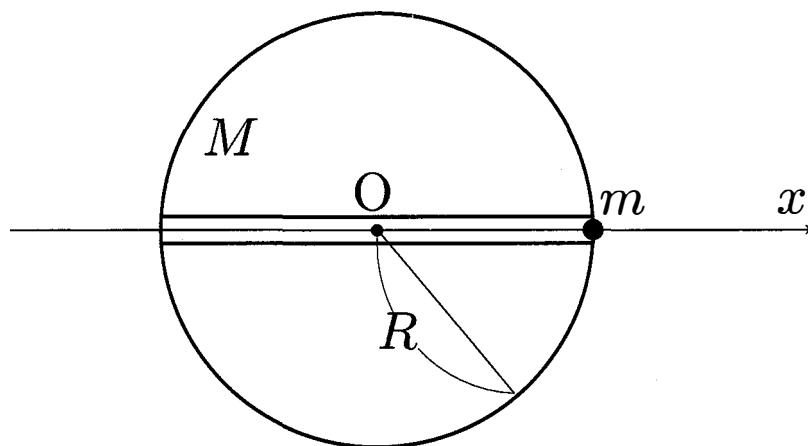
# 理 科

## 注 意

1. 解答用紙表紙の※印欄は、受験者が記入すること。  
受験番号は、本学受験票の受験番号欄に記入してあるとおりに書くこと。  
※印欄以外の箇所には、受験番号・氏名を絶対に書かないこと。
2. 問題冊子及び解答用紙は、「解答始め」の指示があるまで開かないこと。
3. **理学部数物科学科志願者**は理科、数学から 1 教科選択し、解答用紙の表紙の選択別欄に○印を記入のうえ、選択した教科の問題を全問解答すること。なお、解答用紙の表紙の選択別欄に両教科とも○印をつけた場合は、すべての解答を無効とする。
4. 解答は、別冊子の解答用紙に記入すること。  
解答用紙左上の問題番号を確認し、問題に対応する解答用紙のみに記入すること。
5. 試験終了後、この問題冊子と下書用紙は持ち帰ること。
6. 総ページ数  
問題冊子—— 8 ページ  
解答用紙——11 ページ  
下書用紙      1 枚(数学と共用)

## 物 理

**I** 密度が一定で、質量  $M$ 、半径  $R$  の球形の惑星がある。図のように、この惑星の中心を原点  $O$  とし、 $x$  軸に沿ったトンネルを考える。トンネルは惑星の半径  $R$  に比べて無視できるほど細く、トンネルによる惑星の質量の変化は無視できるものとする。トンネル内における位置  $x$  にある小物体が受ける力は、原点  $O$  を中心とした半径  $|x|$  の球の内側にある惑星の質量が原点  $O$  に集まったときに小物体が受ける万有引力に等しい。また、トンネルと小物体の間の摩擦、空気抵抗、惑星の自転と公転、および他の天体の影響は無視できるものとする。万有引力定数を  $G$  とし、以下の問いに答えよ。



**問 1** トンネルの入り口 ( $x = R$ ) で、質量  $m$  ( $m \ll M$ ) の小物体を静かにはなしたところ、小物体は  $x$  軸上を運動した。

- (1) トンネル内の位置  $x$  にある小物体が受ける力  $F$  は  $x$  に比例し、その比例定数を  $k$  とすると、 $F = -kx$  と書ける。 $k$  を  $G$ 、 $M$ 、 $m$ 、 $R$  を用いて表せ。
- (2) 小物体は  $x$  軸上をどのように運動するか、簡潔に述べよ。
- (3) 小物体が動きだしてから、出口 ( $x = -R$ ) にはじめて達するまでの時間を、 $m$  と  $k$  を用いて表せ。
- (4) トンネル内の位置  $x$  における小物体の位置エネルギーおよび運動エネルギーを、 $k$ 、 $R$ 、 $x$  を用いて表せ。ただし、惑星の中心を位置エネルギーの基準とする。
- (5) 小物体の運動エネルギーと位置  $x$  の関係の概形を、解答欄のグラフに示せ。

# 物 理

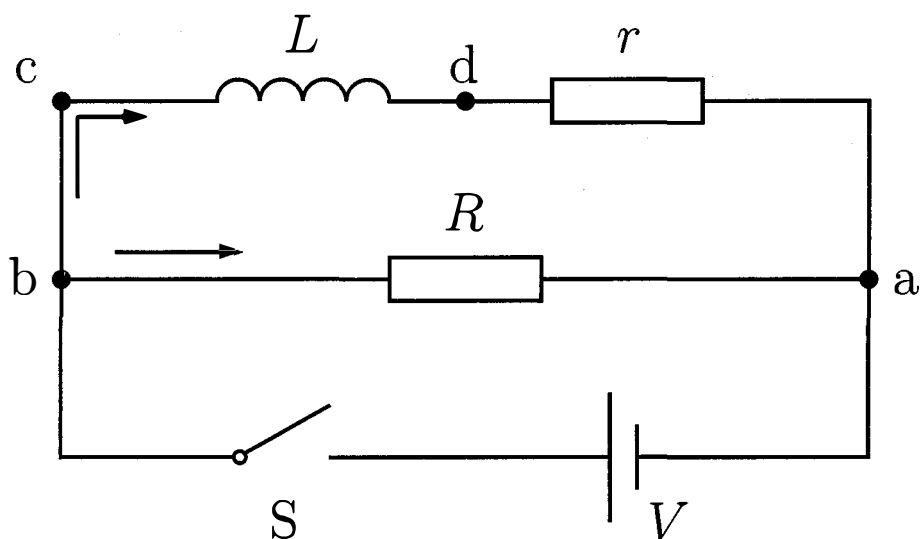
## I のつづき

問 2  $x$  軸上の  $x = R + h$  ( $h > 0$ ) の位置で、質量  $m$  ( $m \ll M$ ) の小物体を静かにはなしたところ、小物体は  $x$  軸上を運動した。

- (1)  $x = R + h$  の位置で小物体が受ける力を求めよ。
- (2)  $-(R + h) \leq x \leq R + h$  の範囲における、小物体が受ける力  $f$  と位置  $x$  の関係を、解答欄のグラフに示せ。
- (3) 小物体がトンネルの出口 ( $x = -R$ ) をはじめて通過するときの速さを求めよ。

## 物 理

Ⅱ 図のように、起電力  $V$  の電池、自己インダクタンス  $L$  のコイル、抵抗値  $r$  と  $R$  の抵抗、およびスイッチ  $S$  からなる回路がある。初め、スイッチ  $S$  は開いた状態にあり、回路には電流が流れていない。電池の内部抵抗は無視するものとする。以下の問いに答えよ。



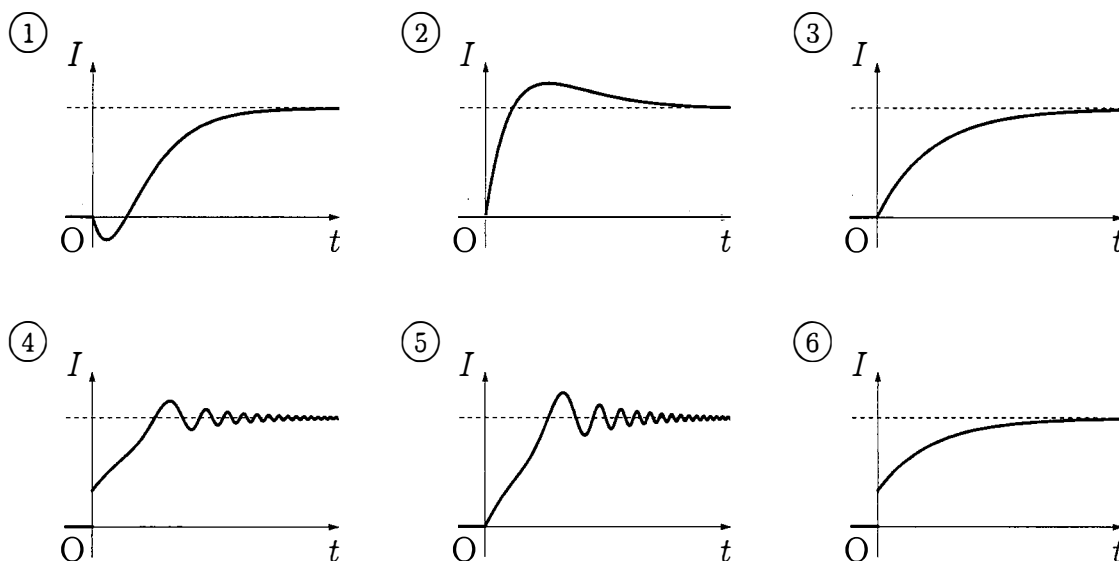
問 1 時刻  $t = 0$  にスイッチ  $S$  を閉じたところ、回路に電流が流れはじめた。図の矢印の向きの電流を正とする。

- (1) コイルを流れる電流  $I$  と時刻  $t$  の関係を表すグラフとして最も適当なものを、次ページの ① ～ ⑥ のうちから一つ選べ。

# 物 理

## Ⅱ のつづき

### 問 1 のつづき



- (2) 十分に時間が経過したとき、コイルを流れる電流と抵抗  $R$  を流れる電流を求めよ。
- (3) 十分に時間が経過したとき、コイルに蓄えられるエネルギーを求めよ。
- (4) 時刻  $t = 0$  から微小時間  $\Delta t$  だけ経過する間の、コイルを流れる電流の変化量を  $\Delta I$  とする。電流の変化の割合  $\frac{\Delta I}{\Delta t}$  は、自己インダクタンス  $L$  の値によって異なる。 $L$  を大きくしたとき、 $\frac{\Delta I}{\Delta t}$  はどのように変化するか、理由とともに答えよ。

問 2 スイッチを閉じてから十分時間が経過したのち、時刻  $t = t_0$  でスイッチを開いた。

- (1) スイッチを開いた直後における、抵抗  $R$  にかかる電圧 (点 a に対する点 b の電位) とコイルの誘導起電力 (点 c に対する点 d の電位) を求めよ。
- (2)  $t = t_0$  から十分時間が経過するまでの間に、抵抗  $R$  で発生するジュール熱を求めよ。

## 物 理

Ⅲ ピストンがついた2つのシリンダー  $S_1$  および  $S_2$  が、コックのついた細管で接続されて水平に置かれている。2つのシリンダー、ピストン、細管、およびコックは熱容量の無視できる断熱材でできていて、2つのピストンはなめらかに動くことができる。また、細管の体積は無視できる。

初め、コックを閉じてシリンダー  $S_1$  内に物質質量  $n$  の単原子分子理想気体を入れ、シリンダー  $S_2$  内は気体を入れず体積を 0 とした。このとき、シリンダー  $S_1$  内の気体の体積は  $V$ 、温度は  $T$ 、圧力は大気圧と等しく、 $p$  であった。このときの気体の状態を状態 A とする（図1）。気体定数を  $R$  として以下の問いに答えよ。

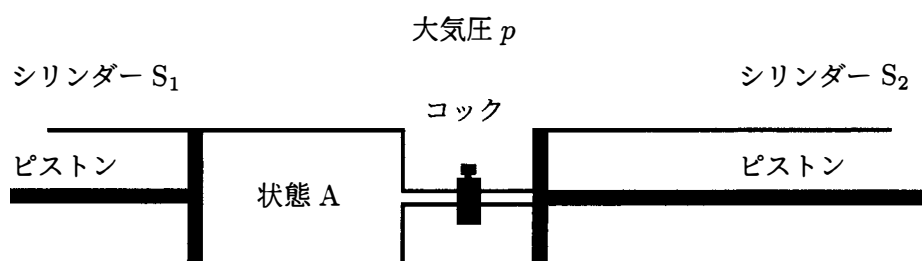


図1

## 物 理

### Ⅲ のつづき

問 1 図 1 において、シリンダー  $S_1$  のピストンを固定してコックを開き、シリンダー  $S_1$  内の気体に熱をゆっくり加えると、気体は圧力一定のままで膨張し、気体の一部がシリンダー  $S_2$  内に入った。シリンダー  $S_1$  内とシリンダー  $S_2$  内の気体の体積の和は  $V_B$ 、温度は  $T_B$  となった。このときのシリンダー  $S_1$  および  $S_2$  内全体の気体の状態を状態 B とする (図 2)。

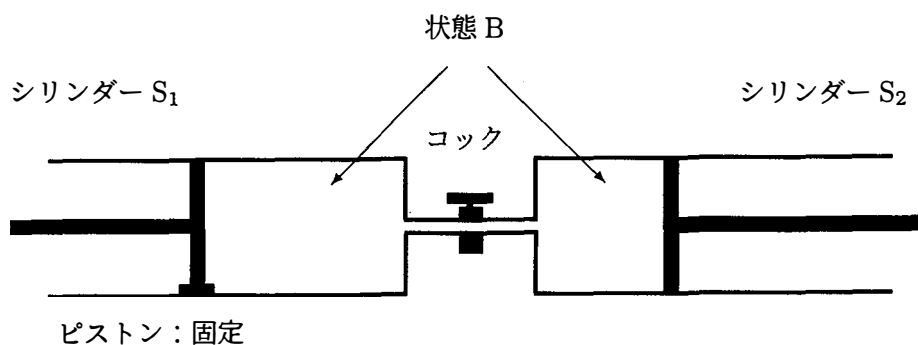


図 2

- (1) 状態 A から状態 B への変化において、気体が外部にした仕事  $W$  を、 $p$ ,  $V$ ,  $V_B$  を用いて表せ。
- (2) 状態 A から状態 B への変化において、気体の内部エネルギーの変化  $\Delta U$  を、 $p$ ,  $V$ ,  $V_B$  を用いて表せ。
- (3) シリンダー  $S_1$  内の気体に加えた熱量  $Q$  を、 $p$ ,  $V$ ,  $V_B$  を用いて表せ。

## 物 理

### Ⅲ のつづき

問 2 図 2 において、コックを閉じた。次にシリンダー  $S_1$  内の気体からゆっくり熱を取り出して、温度が  $T$  になるまで冷却した。このときのシリンダー  $S_1$  内の気体の状態を状態 C とする (図 3)。

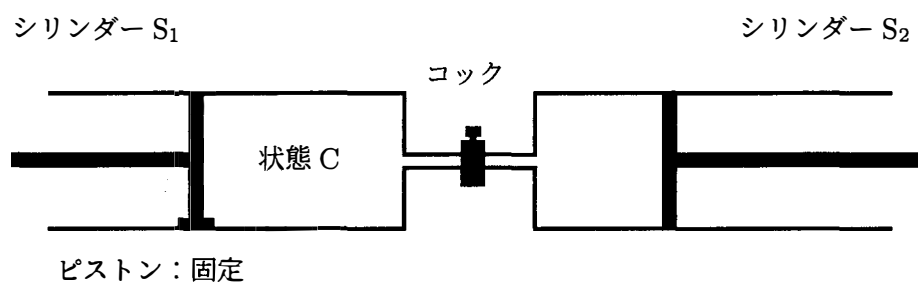


図 3

- (1) シリンダー  $S_1$  内の気体の物質量は  $n_C = \frac{V}{V_B} n$  となることを示せ。
- (2) シリンダー  $S_1$  内の気体から取り出された熱量  $Q'$  を、 $p$ ,  $V$ ,  $V_B$  を用いて表せ。

## 物 理

### Ⅲ のつづき

問 3 図 3 において，シリンダー  $S_1$  のピストンの固定を外し，温度を一定に保つようにシリンダー  $S_1$  内の気体から熱を取り出しながら，圧力が大気圧と同じ  $p$  になるまでゆっくりピストンを動かしたところ，シリンダー  $S_1$  内の気体の体積は  $V_D$  となった。このときのシリンダー  $S_1$  内の気体の状態を状態 D とする（図 4）。 $V_D$  を  $V$ ,  $V_B$  を用いて表せ。

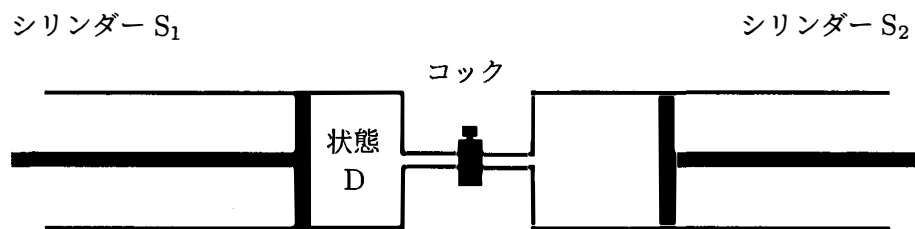


図 4

問 4 図 4 において，シリンダー  $S_1$  および  $S_2$  のピストンを固定してコックを開くと，やがてシリンダー  $S_1$  および  $S_2$  内全体の気体は熱平衡に達し，温度は  $T'$  となった（図 5）。 $T'$  を  $T$ ,  $V$ ,  $V_B$  を用いて表せ。

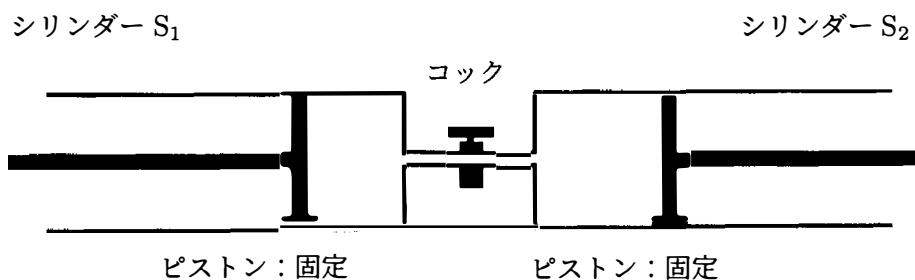


図 5