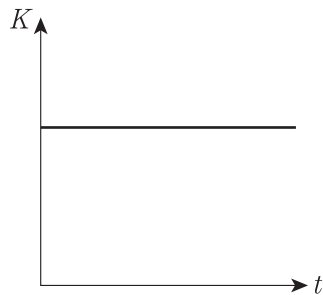
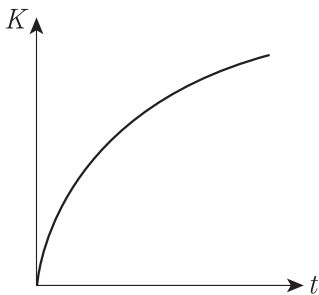
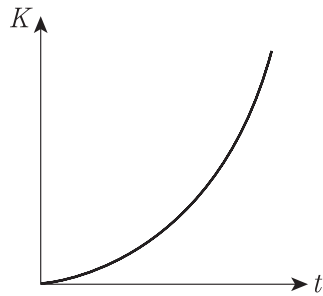
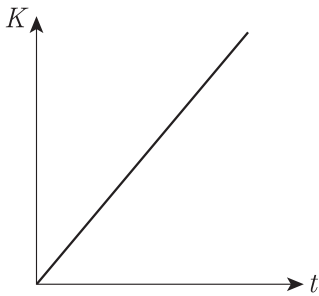


# 物 理 B

(全 問 必 答)

第1問 次の各問い(問1～5)に答えよ。[解答番号  ～  ] (配点 20)

問1 質量  $m$  の小物体を時刻  $t = 0$  に地表からの高さ  $h$  の点から静かに落下させたとき、時刻  $t$  と小物体の運動エネルギー  $K$  との関係を示すグラフを、次の ～ のうちから一つ選べ。ただし、空気抵抗は無視できるものとする。



問2 図1のように、台の上に長さが  $L$  で質量  $2m$  の一様な材質でできた棒を置く。台からはみだしている部分の長さは  $\frac{2L}{5}$  である。棒の上を左から質量  $m$  の小さな物体がゆっくりと動いているとき、この物体がどこまでいくと棒は傾きはじめるか。その時の物体の、台の右端からの距離(図1の  $x$ )として正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。  $x = \boxed{2}$

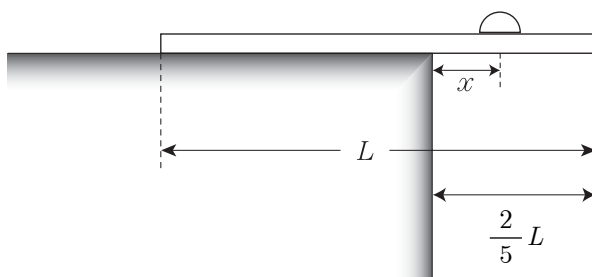


図 1

- $\frac{L}{10}$        $\frac{3L}{10}$        $\frac{L}{5}$        $\frac{2L}{5}$        $\frac{L}{20}$        $\frac{3L}{20}$

問3 図2のような回路を作って、起電力  $V$  の電池  $E$  と電気抵抗の大きさ  $R$  の抵抗  $R$  を用いて電気容量  $C$  のコンデンサー  $C$  を充電する。充電が完了するまでに電池がした仕事はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。ただし、コンデンサーにははじめ電荷はなく、抵抗  $R$  以外の電気抵抗は無視できるものとする。  $\boxed{3}$

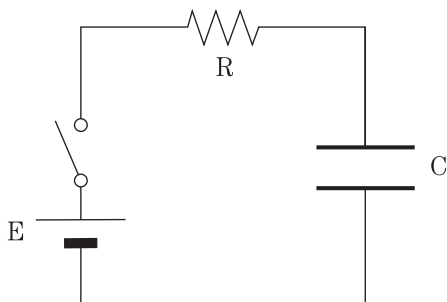


図 2

- $\frac{1}{2}CV$        $CV$        $2CV$        $\frac{1}{2}CV^2$        $CV^2$        $2CV^2$

問4 図3のように、空気中で2枚のうすいガラス板の真上から波長 $\lambda$ の単色光をあてて、光の干渉実験を行ったところ、図3の点P(ガラス板の間隔が $d$ の点)で明線が観測できた。このとき、波長 $\lambda$ と $d$ との関係として正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。ただし、空気の屈折率を1とし、 $m = 0, 1, 2, \dots$ とする。 4

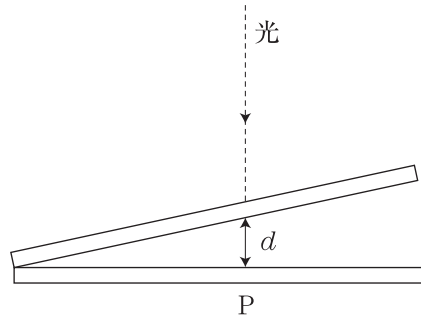


図 3

$$d = m\lambda$$

$$d = \frac{3}{2} m\lambda$$

$$d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

$$2d = m\lambda$$

$$2d = \frac{1}{2} m\lambda$$

$$2d = \left(m + \frac{1}{2}\right)\lambda$$

問5 ある放射性原子の数が、時刻 $t = 0$ に $N$ 個であったが、時刻 $t = T$ にはその数が $\frac{N}{2}$ 個になった。時刻 $t = 2T$ にはこの原子の数はいくらになるか。正しいものを次の ~ のうちから一つ選べ。 5 個

$$\frac{N}{2}$$

$$\frac{N}{4}$$

$$\frac{N}{3}$$

$$\frac{N}{8}$$

$$\frac{N}{16}$$

$$0$$

**第2問** 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号  ~  ] (配点 20)

質量  $M$  の小球 A と質量  $m$  の小球 B を、細くて軽い糸を用いて滑車を介してつなぎ、  
 図 1 のように A のみを水中にいれたところ、A、B は静止していた。重力加速度の大きさを  $g$  とし、糸と滑車の質量、および糸にはたらく浮力は無視できるものとし、滑車はなめらかに回転できるものとする。

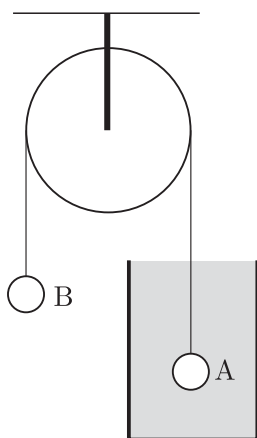


図 1

問1 糸にはたらく張力の大きさはいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

- |            |            |                      |
|------------|------------|----------------------|
| $mg$       | $Mg$       | $(M + m)g$           |
| $(M - m)g$ | $(m - M)g$ | $\frac{m^2}{M + m}g$ |

問2 小球 A にはたらく浮力の大きさはいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

- |            |            |                      |
|------------|------------|----------------------|
| $mg$       | $Mg$       | $(M + m)g$           |
| $(M - m)g$ | $(m - M)g$ | $\frac{m^2}{M + m}g$ |

次に、図1の状態（図1は問題文の図1を指す）で小球Bの下に質量  $m$  の小球Cを静かにつけたところ（図2），両物体は動き始め、やがて一定の速さで運動するようになった。ただし、水中にある小球には速さに比例する抵抗力がはたらくものとし、その比例定数を  $k$  とする。

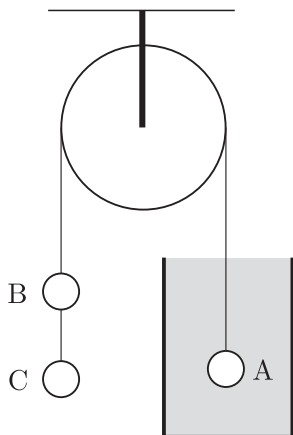


図 2

問3 動き始めた直後の小球の加速度の大きさはいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

$$\frac{m}{M} g$$

$$\frac{M}{m} g$$

$$\frac{m}{M+m} g$$

$$\frac{m}{2M+m} g$$

$$\frac{m}{M+2m} g$$

$$\frac{M-m}{M+2m} g$$

問4 十分に時間が経過して、両物体の速さが一定になったときの速さ  $v$  はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。ただし、A は水の中からは出ないものとする。  $v =$

$$\frac{Mg}{k}$$

$$\frac{mg}{k}$$

$$\frac{2mg}{k}$$

$$\frac{(2m-M)g}{k}$$

$$\frac{2m-M}{2k}$$

$$\frac{2M+m}{2k}$$

問5 問4の状態のとき, A, B, Cすべて(系全体)にはたらく重力の仕事率はいくらか。正しいものを, 次の ~ のうちから一つ選べ。 5

$$mgv$$

$$Mgv$$

$$2mgv$$

$$(2m - M)gv$$

$$(M - 2m)gv$$

$$(M + m)gv$$

**第3問** 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号  ~  ] (配点 20)

断熱材でできたシリンダーとピストンがあり、シリンダー内には温度を調節できる装置が取り付けられている。またピストンはなめらかに動くことができるものとする。はじめ、図1のようにシリンダー内に気体をいれたところ、シリンダーの底面からピストンまでの距離は  $h_1$  であった(これを状態1とする)。また、ピストンの質量を  $M$ 、ピストンの断面積を  $S$ 、大気圧を  $p_0$ 、重力加速度の大きさを  $g$  とし、気体は理想気体とする。

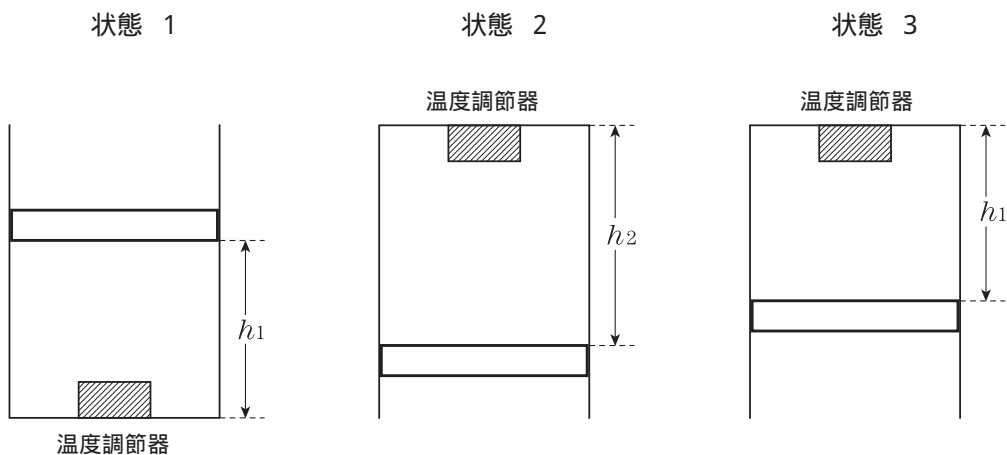


図 1

図 2

図 3

**問1** 状態1での気体の圧力  $p_1$  はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。  $p_1 =$

- |         |                      |                      |
|---------|----------------------|----------------------|
| $p_0$   | $p_0 + \frac{Mg}{S}$ | $p_0 - \frac{Mg}{S}$ |
| $p_0 S$ | $p_0 S + Mg$         | $p_0 S - Mg$         |

次にこの装置全体を図2のように上下逆の状態にしたところ、シリンダーの底面からピストンまでの距離が  $h_2$  となったところでピストンは止まった(これを状態2とする)。このときの気体の絶対温度は  $T_2$  であった。

問2 状態1から状態2にする過程の断熱変化について、中の気体に関して述べた次の記述のうち、正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 2

- 気体の内部エネルギーも圧力も変化しない。
- 気体の内部エネルギーは増加するが、圧力は変化しない。
- 気体の内部エネルギーは減少するが、圧力は変化しない。
- 気体の内部エネルギーも圧力も増加する。
- 気体の内部エネルギーも圧力も減少する。
- 気体の内部エネルギーは変化しないが、圧力は減少する。

さらに、図2の状態のままで気体を冷却して、シリンダーの底面からピストンまでの距離を再び  $h_1$  にする(これを状態3とする)。このとき気体の絶対温度は  $T_3$  であった。(図3)

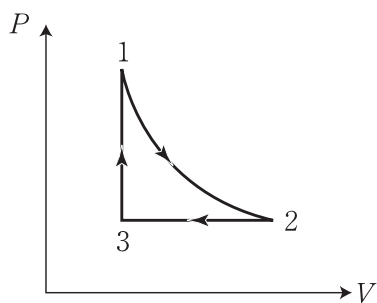
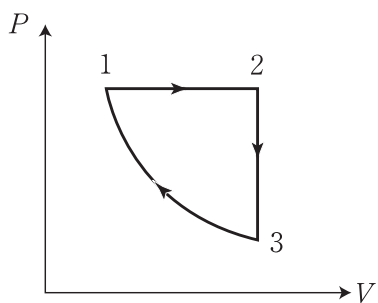
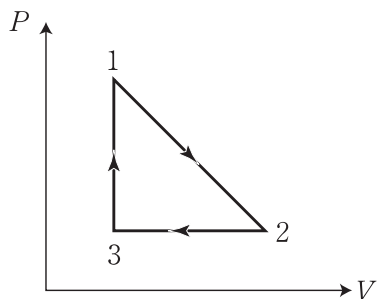
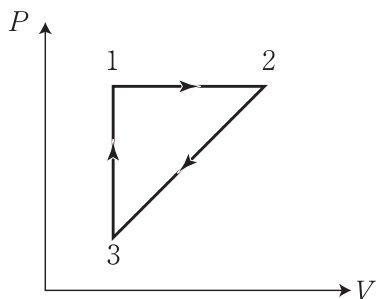
問3 このとき、気体がされた仕事はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 3

- |                          |                           |                           |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| $p_0S(h_1 - h_2)$        | $p_0S(h_2 - h_1)$         | $(p_0S - Mg)(h_1 - h_2)$  |
| $(p_0S - Mg)(h_2 - h_1)$ | $\frac{Mg}{S}(h_1 - h_2)$ | $\frac{Mg}{S}(h_2 - h_1)$ |

問4  $T_3$  は  $T_2$  の何倍になっているか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 4 倍

- |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| $\frac{h_1}{h_2}$        | $\frac{h_2}{h_1}$        | $\frac{p_0S - Mg}{p_0S}$ |
| $\frac{p_0S + Mg}{p_0S}$ | $\frac{p_0S}{p_0S - Mg}$ | $\frac{p_0S}{p_0S + Mg}$ |

問5 最後に、図3の状態でピストンを動かさないように固定して、気体を加熱し、圧力を  $p_1$  に戻した。図1の状態から、この最後の状態までの気体の圧力  $P$  と体積  $V$  との関係を図にするとどうなるか。最も適当なものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 5



**第4問** 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号  ~  ] (配点 20)

振動数  $f_0$  を発する音源と観測者が図1のような座標平面上において、観測者は原点  $(0, 0)$  で、音源は点  $(L, 0)$  でそれぞれ静止している。これを初期状態と呼ぶことにする。また、音速を  $V$  とし、 $s, u$  は  $V$  に対して十分小さいものとする。

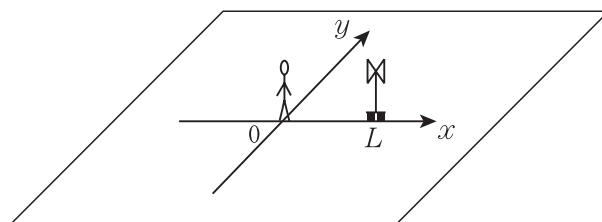


図 1

**問1** 初期状態で音源から音が出るとき、音源から観測者へ伝わる音の波長はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

$Vf_0$	$\frac{f_0}{V}$	$\frac{V}{f_0}$
$\frac{f_0}{V-L}$	$\frac{V-L}{f_0}$	$\frac{L}{f_0}$

**問2** 音源が音を出しながら  $+x$  向きに速さ  $u$  で動き出した。このとき、観測者に届く音の波長は問1の場合の何倍になるか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。  倍

1	$\frac{V+u}{V}$	$\frac{V}{V+u}$
$\frac{V-u}{V}$	$\frac{V}{V-u}$	$\frac{u}{V}$

問3 続いて、観測者が  $+x$  向きに速さ  $s$  で動き出した。このとき、観測者に届く音の波長は問2の場合の何倍になるか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 3 倍

1	$\frac{V+s}{V}$	$\frac{V}{V+s}$
$\frac{V+s}{V+u}$	$\frac{V+u}{V+s}$	$\frac{V+s}{V-u}$

問4 初期状態に戻し、観測者が  $+y$  向きに速さ  $s$  で動き出す場合を考える。観測者が距離  $L$  進んだ瞬間に聞く振動数は、初期状態で聞いていた振動数の何倍になるか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 4 倍

1	$\frac{V-\sqrt{2}s}{V}$	$\frac{V}{V+\sqrt{2}s}$
$\frac{\sqrt{2}V+s}{\sqrt{2}V}$	$\frac{\sqrt{2}V-s}{\sqrt{2}V}$	$\frac{V+\sqrt{2}s}{V-\sqrt{2}u}$

問5 初期状態に戻し、観測者が  $+y$  向きに速さ  $s$  で動き出すと同時に、音源が  $-x$  向きに速さ  $u$  で動き出す場合を考える。音源が原点を通過した瞬間に出した音を、観測者が聞くと、振動数は初期状態で聞いていた振動数の何倍になるか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 5 倍

1	$\frac{V-s}{V}$	$\frac{V}{V-u}$
$\frac{V-s}{V-u}$	$\frac{(V+u)(V-s)}{V^2}$	$\frac{(V-u)(V-s)}{V^2}$

**第5問** 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号  ~  ] (配点 20)

図1のように、電気量  $+q$ 、 $-q$  の二つの電荷が  $xy$  平面上で、それぞれ点  $A(L, L)$ 、点  $B(-L, -L)$  に固定されている。クーロンの法則の比例定数は  $k$ 、電位の基準は無遠方を 0 とする。ただし、向きは図2から選ぶものとする。

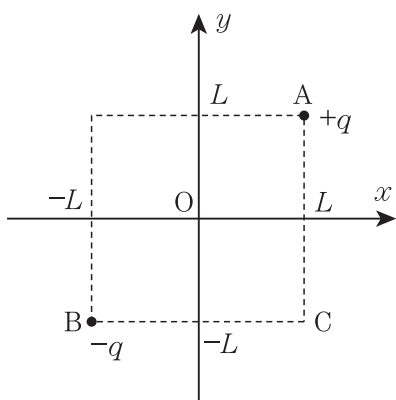


図 1

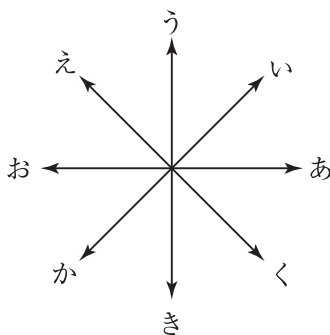


図 2

問1 原点  $O$  の電場の強さと向きはどうなるか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

$k \frac{q}{L^2}$  向き：い

$k \frac{q}{2L^2}$  向き：い

$k \frac{q}{\sqrt{2} L^2}$  向き：い

$k \frac{q}{L^2}$  向き：か

$k \frac{q}{2L^2}$  向き：か

$k \frac{q}{\sqrt{2} L^2}$  向き：か

問2 Bの電荷に働くクーロン力の大きさと向きはどうなるか。正しいものを、次の  
～のうちから一つ選べ。

$$k \frac{q^2}{2L^2} \quad \text{向き：い}$$

$$k \frac{q^2}{4L^2} \quad \text{向き：い}$$

$$k \frac{q^2}{8L^2} \quad \text{向き：い}$$

$$k \frac{q^2}{L^2} \quad \text{向き：か}$$

$$k \frac{q^2}{2L^2} \quad \text{向き：か}$$

$$k \frac{q^2}{8L^2} \quad \text{向き：か}$$

問3 原点Oの電位はいくらか。正しいものを、次の～のうちから一つ選べ。

$$0$$

$$k \frac{q}{L}$$

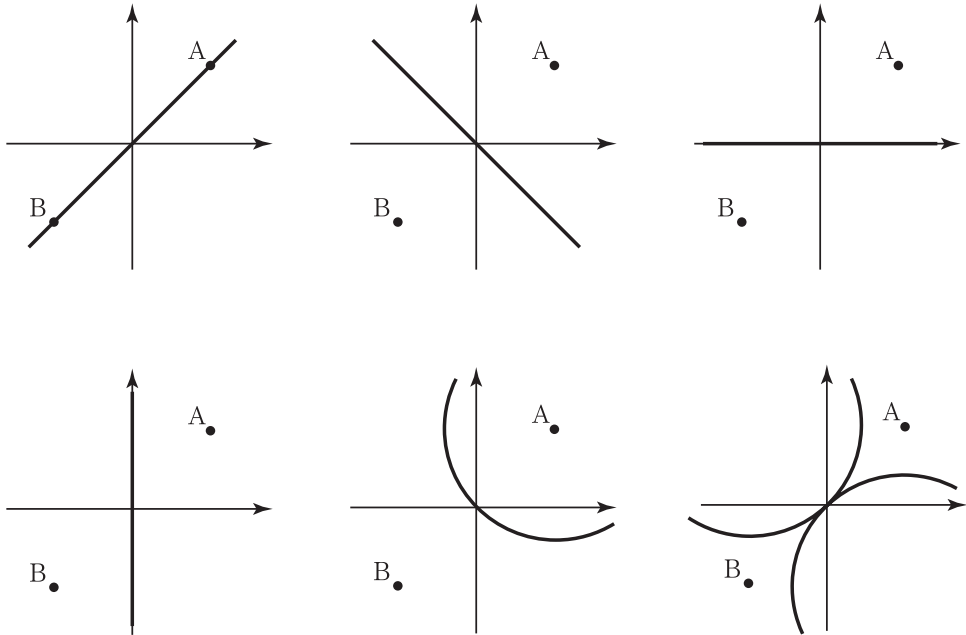
$$k \frac{2q}{L}$$

$$k \frac{q}{2L}$$

$$k \frac{q}{\sqrt{2}L}$$

$$k \frac{\sqrt{2}q}{L}$$

問4 原点  $O$  の電位を含む等電位線を描いた図はどれか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 4



問5 点  $C(L, -L)$  に、質量  $M$ 、電気量  $+Q$  の荷電粒子を置き、点  $C$  から原点までゆっくり運ぶのに必要な仕事はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 5

0

$$\frac{\sqrt{2} kq^2}{8L}$$

$$-\frac{\sqrt{2} kq^2}{8L}$$

$$\frac{(\sqrt{2} - 1)kqQ}{L}$$

$$-\frac{(\sqrt{2} - 1)kqQ}{L}$$

$$\frac{\sqrt{2} kqQ}{8L}$$