

# 物 理 B

(全 問 必 答)

第1問 次の問い(A)に答えよ。[解答番号  ~  ] (配点 20)

A 次の(1)～(5)の文章で、5つの下線部のうちの1つに誤りがある。誤っている下線部を、それぞれ～のうちから一つずつ選べ。ただし、重力加速度を $g$ とする。

- (1) 質量 $m$ の物体を、図1のように動摩擦係数が $\mu$ である摩擦のある水平面上で外力を加えて運動させることを考える。外力 $F$ で距離 $L$ だけ水平方向に引き動かした。このとき、外力のする仕事は  $FL$ 、摩擦力のする仕事は  $\mu mgL$ 、垂直抗力のする仕事は 0、重力のする仕事は 0、運動エネルギーの変化量は  $FL - \mu mgL$  である。

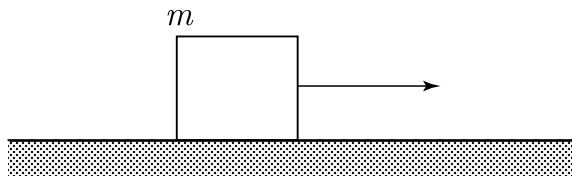


図 1

- (2) 図2のように、質量  $m$  のなめらかに動くピストンとシリンダーで閉じこめた気体がある。大気圧が  $P_0$  のとき、この気体の圧力はシリンダーの断面積を  $S$  とすると  $P_0 + \frac{mg}{S}$  となる。さらにヒーターで熱を加えるとピストンがゆっくり  $\Delta L$  だけ上昇して静止した。このとき 気体は外部に対して仕事をする ことになり、この変化は 定圧変化 であるから、その大きさは  $P_0 S \Delta L$  である。また、同時に 気体の内部エネルギーも増加 している。 2

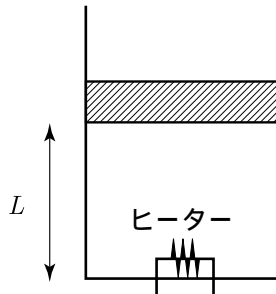


図 2

- (3) 一定の振動数を出す音源がある。この音源が静止している観測者に対して真っ直ぐ向かってくるときのことを考える。音源が音を出しながら観測者に近づくと静止しているときに音源が出す波長より 波長が長くなる。この影響で、観測者には音源の振動数より 大きい振動数 が観測され、音が高く聞こえることになる。これは ドップラー効果 という現象である。次に、静止している音源に観測者が近づいていく場合を考える。このとき、単位時間に観測者に届く波の数は静止している場合に比べて 多くなる。この影響で、観測者には音源の振動数より大きい振動数が観測され音が 高く 聞こえることになる。 3

物理 B

- (4) 図3のように、質量  $m$  の小球に軽いひもをつけて手で引き動かす場合を考える。この状態からゆっくり物体を距離  $h$  だけ引き上げるとき、重力がした仕事は  $mgh$  で 手がした仕事は  $mgh$  となり、これらの大きさは等しくなる。さらに、この位置から糸を離して静かに落とす。距離  $h$  だけ落ちた位置で速さが  $v_0$  になっているとき、重力がした仕事は  $mgh$ 、 運動エネルギーの変化量は  $\frac{1}{2}mv_0^2$  となり、力学的エネルギーが保存することより速さ  $v_0$  を求めることができる。

4



図 3

- (5)  $+q$  の電荷と  $+Q$  の電荷が距離  $r$  離れて置かれている場合を考える。このとき、互いに及ぼすクーロン力の大きさは、比例定数  $k$  を用いて  $k\frac{qQ}{r^2}$  で表され、反発する向きにはたらいっている。この力は、以下のように考えることもできる。 $q$  が置かれている場所は  $Q$  から距離  $r$  離れており、この点には  $k\frac{Q}{r^2}$  となる電場が  $Q$  から  $q$  向きに生じている。よって、この電場は単位電荷あたりにはたらく力ともいえるのでその場所に置いた電荷との積がクーロン力になっている。また、 $q$  が置かれている点は無限遠の点を基準とすると  $-k\frac{Q}{r}$  となる電位 になっており、この電位はその点に置かれた電荷との積で静電エネルギーを表すものである。

5

**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)

図1のように、質量  $M_A$  の台車 A の上に質量  $m$  の小球 P を台車 A の左端の壁に接触させて置く。この状態で台車 A の右端に軽い糸を取り付け、軽くて滑らかに回転できる滑車を介して、質量  $M_B$  のおもり B とつなぎ、手で支えて糸がたるまない状態で静止させておく。床には図のような段差があり、上段の右端には台車 A を止めるためのストッパーが固定されていて、はじめ台車 A の右端からストッパーまでの距離は  $L$  である。ただし、このストッパーは糸に影響を与えることはない。

台車 A と床、小球 P との摩擦および空気抵抗は無視できるものとし、重力加速度の大きさを  $g$  とする。

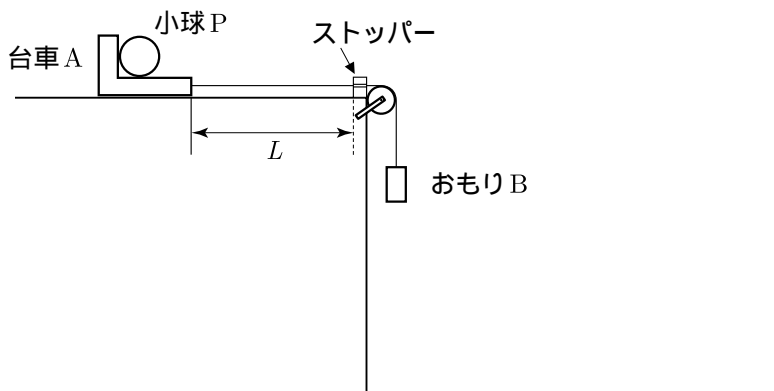


図 1

支えをとると台車 A は大きさ  $a$  の加速度で運動を始める。

まず、台車 A がストッパーに達するまでの間について考えよう。なお、おもり B が床に達することはない。

**問1** 台車 A の加速度の大きさ  $a$  はいくらか。正しいものを次の ~ から一つ選べ。  $a =$

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

$$\frac{M_B}{M_A + m} g$$

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

$$\frac{M_A}{M_A + M_B + m} g$$

$$\frac{M_B}{M_A + M_B + m} g$$

$$\frac{m}{M_A + M_B + m} g$$

問2 台車 A と小球 P との間に働く水平方向の力の大きさ  $R$  はいくらか。正しいものを次の ~ から一つ選べ。  $R = \boxed{2}$

$M_A a$	$M_B a$	$ma$
$M_A g$	$M_B g$	$mg$

問3 糸の張力の大きさ  $T$  はいくらか。正しいものを次の ~ から一つ選べ。  
 $T = \boxed{3}$

$M_A a + R$	$M_B a + R$	$mg$
$M_A g - R$	$M_B g - R$	$mg - R$

問4 台車 A がストッパーに衝突する直前の速さ  $v_0$  はいくらか。正しいものを次の ~ から一つ選べ。  $v_0 = \boxed{4}$

$\sqrt{\frac{1}{2} gL}$	$\sqrt{\frac{1}{2} aL}$	$\sqrt{gL}$
$\sqrt{aL}$	$\sqrt{2gL}$	$\sqrt{2aL}$

物理 B

次に台車 A がストッパーに衝突した後の小球 P の運動について考える。ただし、図 2 のように、台車 A が衝突した際、小球 P はストッパーに触れることなく水平に飛び出すものとし、飛び出したとき小球 P の床の下段からの高さを  $H$  とする。

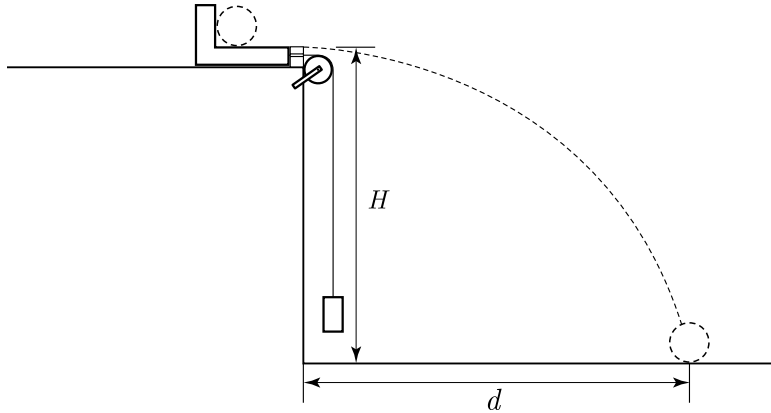


図 2

問 5 小球 P が飛び出した後、下段の床に達するまでに進んだ水平距離  $d$  はいくらか。正しいものを次の ~ から一つ選べ。  $d =$  5

$$v_0 \sqrt{\frac{H}{2g}}$$

$$v_0 \sqrt{\frac{H}{g}}$$

$$v_0 \sqrt{\frac{2H}{g}}$$

$$v_0 \sqrt{\frac{H}{2a}}$$

$$v_0 \sqrt{\frac{H}{a}}$$

$$v_0 \sqrt{\frac{2H}{a}}$$

**第3問** 次の文章を読み、各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号 1 ~ 5] (配点 20)

図1のように、断熱材でできた容器に質量  $m$  の水を入れ、その中に羽根車を入れる。この羽根車の回転軸には軽く伸びない糸が巻きつけてあり、質量  $M$  の2個のおもりが滑らかに回転できる滑車を介して取り付けられている。この装置では、おもりが下がると羽根車が回転する。回転中、糸を巻きつけた部分および羽根車の軸受け部分では、エネルギーが失われることはないものとする。

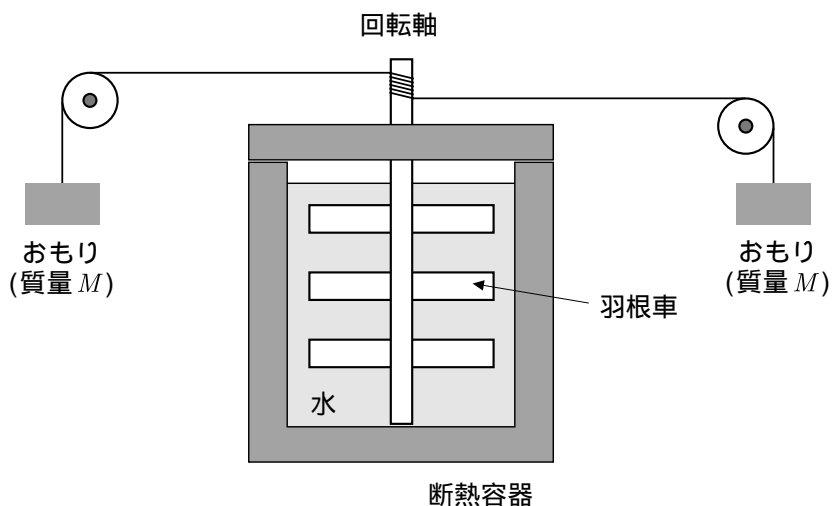


図 1

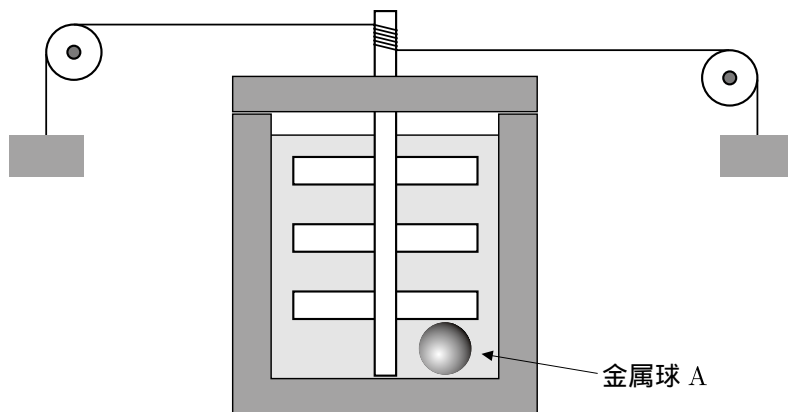


図 2

はじめに、次の実験 1，実験 2 を行う。

**実験 1**

比熱  $c_A$ ，質量  $m_A$  で，温度  $T_0$  の金属球 A を熱して熱量  $Q$  を与えると金属球 A の温度は  $T_A$  になった。

**実験 2**

容器内の水と羽根車の温度ははじめ  $T_0$  であったが，図 2 のように水の中に温度  $T_A$  ( $T_A > T_0$ ) の**実験 1** で用いた金属球 A を入れ，しばらくすると温度は  $T_1$  で一様になった。

**問 1** 実験 1 で金属球に与えられた熱量  $Q$  はいくらか。正しいものを次の ~ から一つ選べ。  $Q =$

$$c_A T_A$$

$$c_A (T_A - T_0)$$

$$c_A (T_0 - T_A)$$

$$m_A c_A T_A$$

$$m_A c_A (T_A - T_0)$$

$$m_A c_A (T_0 - T_A)$$

**問 2** 水と羽根車の熱容量  $C$  はいくらか。正しいものを次の ~ から一つ選べ。

$$C =$$

$$\frac{m_A c_A (T_A - T_1)}{T_1 - T_0}$$

$$m_A c_A (T_A - T_1)$$

$$m_A c_A (T_1 - T_0)$$

$$\frac{c_A (T_A - T_1)}{T_1 - T_0}$$

$$c_A (T_A - T_1)$$

$$c_A (T_1 - T_0)$$

物理 B

次に実験 3 を行う。

実験 3

容器から金属球 A を取り出し，しばらく放置して水の温度が一定になったことを確かめてから，2 個のおもりの支えを同時にとるとおもりは下降しはじめ，しばらくすると図 3 のようにおもりは一定の速さ  $v$  で下降するようになった。速さが一定になった後，時間  $\Delta t$  の間の水温の上昇を測定する。

なお，以下の問いでは重力加速度の大きさを  $g$  とする。

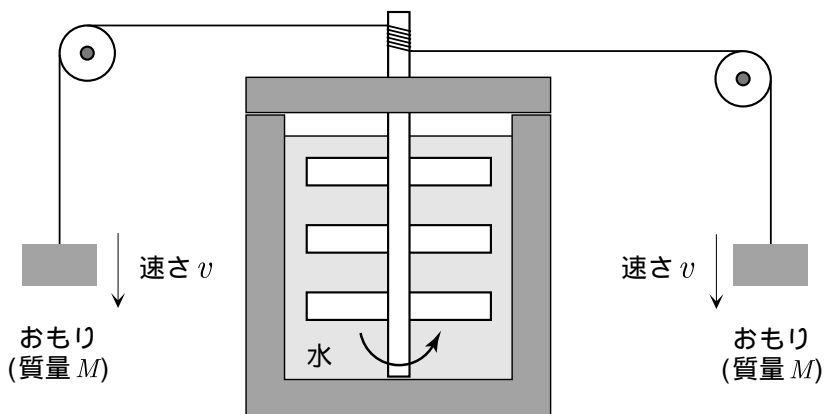


図 3

問 3 この系全体に対して，単位時間あたりに重力がする仕事はいくらか。正しいものを次の ~ から一つ選べ。 3

$Mg$

$Mgv$

$2Mgv$

$-Mg$

$-Mgv$

$-2Mgv$

問4 一定の速さでおもりが下降しているときのエネルギーに関して述べた次の記述のうち、正しいものを次の ~ から一つ選べ。 4

おもりの位置エネルギーは減少し、減少分はすべておもりの運動エネルギーになっている。

おもりの位置エネルギーは減少し、減少分はすべて羽根車の運動エネルギーになっている。

おもりの位置エネルギーは減少し、減少分はすべておもりと羽根車の運動エネルギーになっている。

おもりの位置エネルギーは減少し、減少分はすべて熱エネルギーになっている。

おもりの位置エネルギーは減少し、減少分はすべておもりと羽根車の運動エネルギー、および熱エネルギーになっている。

問5 時間  $\Delta t$  の間の水の温度上昇はいくらか。正しいものを次の ~ から一つ選べ。 5

$$\frac{Mgv\Delta t}{C}$$

$$\frac{2Mgv\Delta t}{C}$$

$$\frac{Mgv\Delta t}{2C}$$

$$\frac{Mv\Delta t}{C}$$

$$\frac{2Mv\Delta t}{C}$$

$$\frac{Mv\Delta t}{2C}$$

**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)

図1のように、真空中に一辺の長さが  $L$  の正方形の極板 A B からなるコンデンサーがある。極板の間隔は  $d$  で、真空の誘電率を  $\epsilon_0$  とする。このコンデンサーに、起電力  $V$  の電池とスイッチ S を接続する。

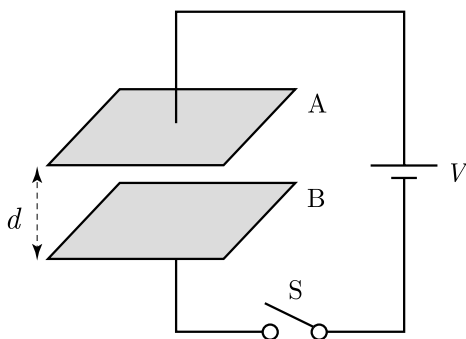


図 1

**問1** スイッチを入れて十分時間が経過したとき、極板 A にたくわえられている電気量  $Q$  はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

$Q =$

- |                               |                                 |                              |
|-------------------------------|---------------------------------|------------------------------|
| $\frac{\epsilon_0 L^2}{d} V$  | $-\frac{\epsilon_0 L^2}{d} V$   | $\frac{\epsilon_0 d}{L^2} V$ |
| $-\frac{\epsilon_0 d}{L^2} V$ | $\frac{\epsilon_0 L^2}{2d} V^2$ | 0                            |

**問2** 問1のとき、極板 A B 間に生じている電場の強さはいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

- |                             |                            |                             |
|-----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| $\frac{Q}{2\epsilon_0 L^2}$ | $\frac{Q}{\epsilon_0 L^2}$ | $\frac{2Q}{\epsilon_0 L^2}$ |
| $\frac{Q}{V}$               | $\frac{Q}{d}$              | 0                           |

問3 続いて、スイッチを閉じたまま極板間隔を  $2d$  に広げた。このときにいえることについて正しいことを述べたものはどれか。次の ~ のうちから一つ選べ。

**3**

電気量が変化せず、コンデンサーの電気容量が2倍になり、極板間の電位差が  $\frac{1}{2}$  倍になる。

電気量が変化せず、コンデンサーの電気容量が  $\frac{1}{2}$  倍になり、極板間の電位差が2倍になる。

電気量が変化せず、コンデンサーの電気容量が  $\frac{1}{2}$  倍になり、極板間の電位差が  $\frac{1}{2}$  倍になる。

極板間の電位差が変化せず、コンデンサーの電気容量が2倍になり、電気量が  $\frac{1}{2}$  倍になる。

極板間の電位差が変化せず、コンデンサーの電気容量が  $\frac{1}{2}$  倍になり、電気量が2倍になる。

極板間の電位差が変化せず、コンデンサーの電気容量が  $\frac{1}{2}$  倍になり、電気量が  $\frac{1}{2}$  倍になる。

問4 初めの状態に戻し、スイッチを閉じる。そのあと図2のように、極板間と同じ幅で比誘電率が4の誘電体板を端から  $\frac{L}{2}$  までゆっくりと挿入した。このとき、コンデンサーの電気容量は、初め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

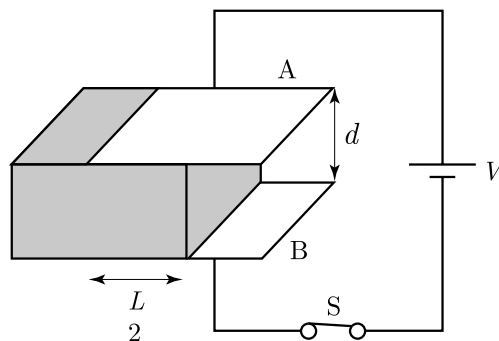


図 2

- |   |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 2 | 1 | 3 | 5 | 2 |
|   |   | 2 | 2 | 2 | 5 |

物理 B

問5 問4のとき，新たに電池を通過した電気量の大きさは，初めにたくわえられていた電気量  $Q$  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。  倍

1

2

$\frac{1}{2}$

$\frac{3}{2}$

$\frac{5}{2}$

$\frac{2}{5}$

**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、振動装置に線密度  $\rho$  の弦が張られており、三角支柱と滑車を通してその先に質量  $m$  のおもりをつり下げている。三角支柱は自由に動かすことができ、初め振動装置から  $L$  の距離にある。弦を伝わる波の速さは、弦の張力を  $T$ 、線密度を  $\rho$  とすると、 $\sqrt{\frac{T}{\rho}}$  で与えられる。また、重力加速度を  $g$  とする。

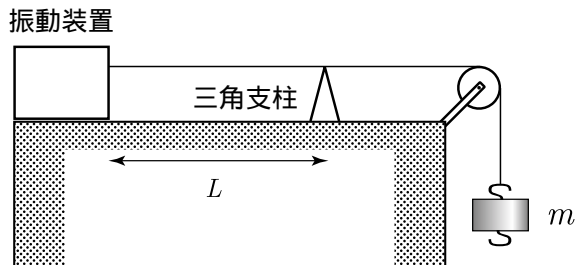


図 1

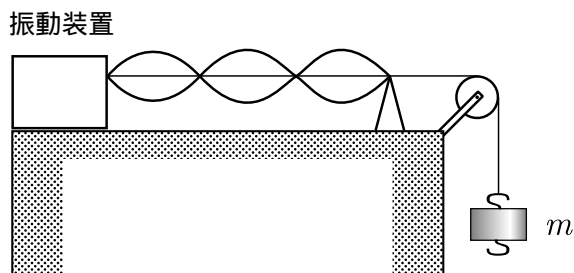


図 2

問1 振動装置を一定の振動数で振動させて、三角支柱を右に動かしていくと、距離  $d$  動かしたときはじめて共振して、三角支柱と振動装置の間に図2のような定常波が生じた。このとき、弦に生じている波長  $\lambda$  はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。  $\lambda =$

$L$	$L + d$	$\frac{L + d}{3}$
$\frac{2(L + d)}{3}$	$\frac{L}{3} + d$	$\frac{2L}{3} + d$

問2 はじめの位置に戻して、振動装置を同じ振動数で振動させる。三角支柱を左に動かして、はじめて共振するまでに、動かさなければならない距離はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

$\lambda$	$\lambda - d$	$d$
$\frac{2\lambda}{3} - d$	$\frac{\lambda}{3} - d$	$\frac{\lambda}{2} - d$

問3 問1のとき、振動装置の振動数はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

$\frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{mg}{\rho}}$	$\frac{1}{\lambda} \sqrt{\frac{m}{\rho}}$	$\lambda \sqrt{\frac{\rho}{m}}$
$\lambda \sqrt{\frac{\rho}{mg}}$	$\frac{3}{2\lambda} \sqrt{\frac{mg}{\rho}}$	$\frac{2\lambda}{3} \sqrt{\frac{\rho}{mg}}$

問4 問1の位置に三角支柱を固定し、振動数を一定にして同じ質量  $m$  のおもりをつり下げていくと、再び定常波が生じた。このとき、新たに追加してつり下げたおもりの個数はいくらか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。

個

2                      3                      5                      7                      8                      9

物理 B

問5 問4で、生じている定常波の様子はどうなるか。正しいものを、次の ~ のうちから一つ選べ。 5

