

# 物理基礎・物理

(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 25)

問1 図1のように、細い棒の左端を壁の点Pにちょうつがいで止め、棒を  $a:b$  に内分する点Qと壁の点Rを軽い糸でつないで、棒が水平になるようにすると、棒と糸のなす角  $\angle PQR$  は  $\theta$  であった。次に棒の右端に質量  $m$  のおもりをつると、糸は伸びたり切れたりせず、棒はそのまま水平を保った。このとき、糸の張力はいくらか。正しいものを、下の①～④のうちから一つ選べ。ただし、おもりに対して棒と糸の質量は無視できるものとし、重力加速度を  $g$  とする。

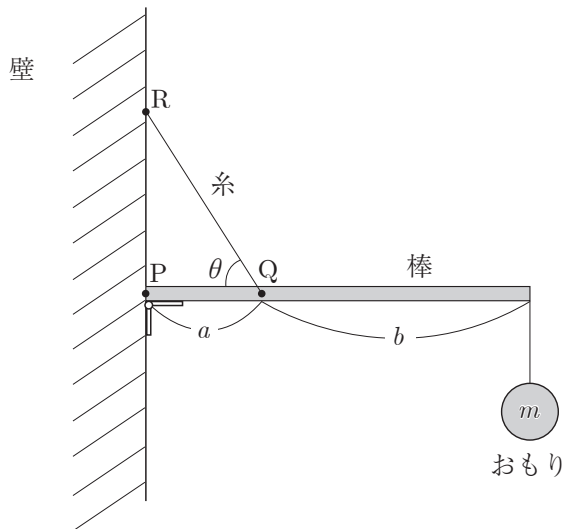


図 1

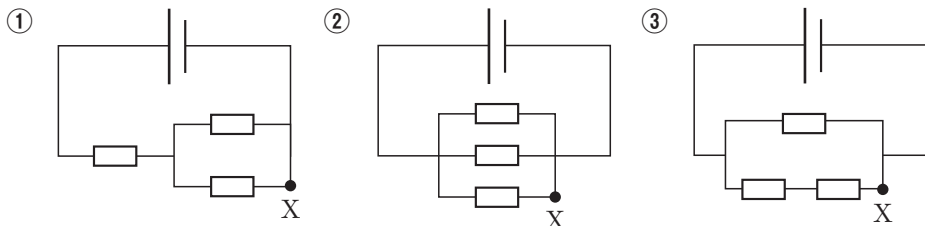
- ①  $\frac{(a+b)mg}{a \sin \theta}$       ②  $\frac{b mg}{a \sin \theta}$       ③  $\frac{(a+b)mg}{a \cos \theta}$       ④  $\frac{b mg}{a \cos \theta}$

問2 次の文章の空欄 **A** ~ **C** に当てはまる語の組合せとして正しいものを、下の①~⑧のうちから一つ選べ。 **2**

静止している観測者の目の前を救急車が通過すると、サイレン音が **A** 音に変わる。これは観測者に届く音波の振動数が **B** なるからである。このような現象を **C** 効果という。

	A	B	C
①	高い	大きく	ホール
②	低い	大きく	ホール
③	高い	小さく	ホール
④	低い	小さく	ホール
⑤	高い	大きく	ドップラー
⑥	低い	大きく	ドップラー
⑦	高い	小さく	ドップラー
⑧	低い	小さく	ドップラー

問3 一定の起電力  $V$  ( $V > 0$ ) の直流電源と、互いに等しい三つの抵抗  $R$  ( $R > 0$ ) を用いて回路を作る。次の図①~③に示した三つの回路のうちで、図中の点Xを流れる電流の大きさが最も小さいものはどれか。正しいものを一つ選べ。ただし、各三箇所の抵抗  $R$  以外の電気抵抗は全て無視する。 **3**



問4 断熱容器に温度  $T_1$  [K] の水(密度  $\rho_0$  [g/mL])が  $V$  [mL] 入っている。ここに、温度  $T_2$  [K] の物体(質量  $m$  [kg])を沈めた。十分時間が経過したのち、水も物体も温度が  $T$  [K] となった。 $T$  [K] の値として正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、 $T_1$  [K] <  $T_2$  [K]、水と物体の比熱をそれぞれ  $C_w$  [J/(kg·K)]、 $C_m$  [J/(kg·K)] とする。また、水の量は十分あり、物体は完全に水中に沈み、水の蒸発は無視できるものとする。断熱容器への熱の移行もないとする。1 [mL] =  $10^{-6}$  [m<sup>3</sup>] である。 4

① 
$$\frac{\rho_0 C_w T_1 + m C_m T_2}{\rho_0 C_w + m C_m}$$

② 
$$\frac{\rho_0 V C_w T_1 + m C_m T_2}{\rho_0 V C_w + m C_m}$$

③ 
$$\frac{\rho_0 V C_w T_1 + 1000 m C_m T_2}{\rho_0 V C_w + 1000 m C_m}$$

④ 
$$\frac{1000 \rho_0 V C_w T_1 + m C_m T_2}{1000 \rho_0 V C_w + m C_m}$$

⑤ 
$$\frac{\rho_0 V C_w T_1 + m C_m T_2}{\rho_0 V + m}$$

問5 図2のように、なめらかで反発係数  $e$  の水平面に、質量  $m$  [kg] の小球が速さ  $v$  [m/s]、角度  $\theta$  で衝突した後、角度  $\theta'$  の方向に跳ね返った。 $\theta$  と  $\theta'$  の関係として正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。 5

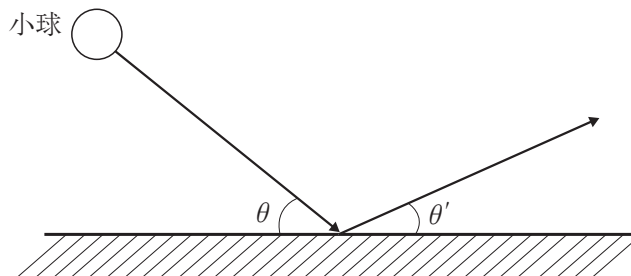


図 2

① 
$$\frac{\tan \theta'}{\tan \theta} = e$$

② 
$$\frac{\tan \theta}{\tan \theta'} = e$$

③ 
$$\frac{\tan \theta'}{\tan \theta} = me$$

④ 
$$\frac{\theta'}{\theta} = e$$

⑤ 
$$\frac{\theta}{\theta'} = e$$

**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 25)

図1のように、段差のある滑らかな床の上に段差と同じ高さの板を置く。板は粗い水平面ABと滑らかな水平面CDを持ち、板の質量は $M$ である。床の段差に板をぴったりと接触させておき、床の高い段の側から板の面ABへ、質量 $m$ の物体を速さ $v$ で進入させる。ただし、板上を滑る物体にはたらく摩擦力は、物体の速さによらず一定の大きさであるとし、重力加速度を $g$ とする。

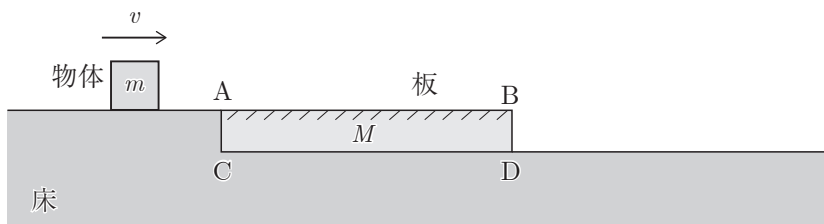


図 1

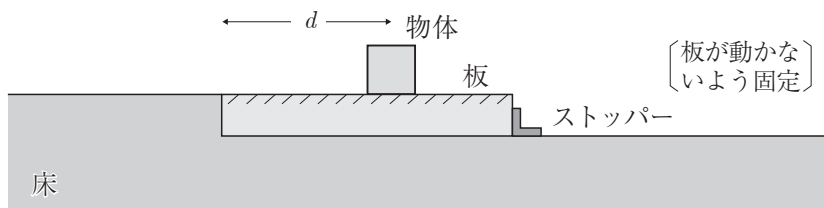


図 2

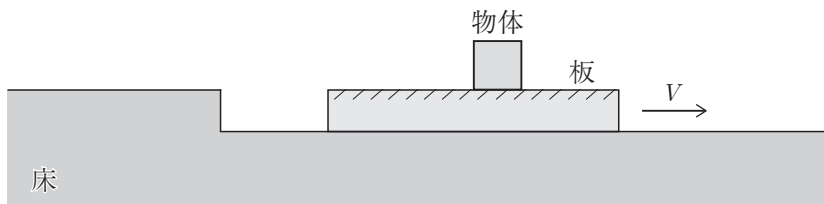


図 3

問1 まず、板が動かないように板を床に固定した状態で物体を板の面ABへ進入させた。すると図2のように、物体は板上を距離 $d$ だけ滑ったところで止まった。このとき、物体が面ABに進入してから止まるまでの時間はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。ただし、距離 $d$ に比べて物体の大きさは無視できるものとする。 1

- ①  $\frac{d}{v}$                       ②  $\frac{2d}{v}$                       ③  $\frac{v}{d}$                       ④  $\frac{2v}{d}$

問2 問1のとき、板上を滑る物体にはたらく摩擦力の大きさはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 2

- ①  $\frac{mv^2}{2d}$                       ②  $\frac{mv}{2d}$                       ③  $\frac{mg}{d}$                       ④  $\frac{mg}{2}$

問3 問1のとき、もし始めの速さが $v$ の代わりに2倍の $2v$ であった場合、板上を滑る距離は $d$ の何倍になるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 3 倍

- ① 1                      ②  $\sqrt{2}$                       ③ 2                      ④ 4

問4 次に、板を床に固定せずに物体を板の面ABへ進入させた。すると、図3のように板は床上を滑り始め、物体は板上をある距離だけ滑ったところで板上に止まり、その後は物体と板が一体となって床上を滑った。物体が板上で止まったときの板の速さ $V$ はいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 4

- ①  $v$                       ②  $\frac{v}{2}$                       ③  $\frac{Mv}{m+M}$                       ④  $\frac{mv}{m+M}$

物理基礎・物理

問5 問4のとき、物体が板上で止まるまでに、はじめに物体の持っていたエネルギーの一部は摩擦熱として散逸する。この散逸するエネルギーはいくらか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。 5

①  $\frac{mMv^2}{2(m+M)}$

②  $\frac{m^2Mv^2}{2(m+M)^2}$

③  $\frac{mM^2v^2}{2(m+M)^2}$

④  $\frac{(2m+M)mMv^2}{2(m+M)^2}$

**第3問** 次の各問い(問1～5)に答えよ。

[解答番号  ～  ] (配点 25)

問1 次の文章中の空欄  ～  に入るものの組合せとして正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。

図1のように、距離  $R$  離れた2点A, Bに電荷  $q_A$  と  $q_B$  が置かれている。正の比例定数  $k$  を用いてAB間にはたらく力を表すと  となる。  $< 0$  なら  が、  $> 0$  なら  がAB間にはたらくことになる。

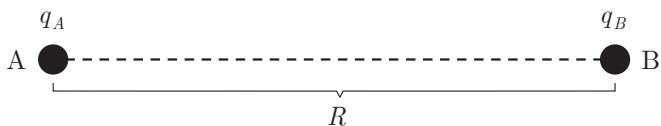


図 1

	a	b	c
①	$k \frac{q_A q_B}{R}$	斥力	引力
②	$k \frac{q_A q_B}{R}$	引力	斥力
③	$k \frac{q_A q_B}{R^2}$	斥力	引力
④	$k \frac{q_A q_B}{R^2}$	引力	斥力
⑤	$k \frac{q_A q_B}{R^3}$	斥力	引力
⑥	$k \frac{q_A q_B}{R^3}$	引力	斥力

問2 次の文章中の空欄 **d** ・ **e** に入るものの組合せとして正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、 $q > 0$ 、 $Q > 0$  とする。

**2**

図2のように、一辺の長さ  $L$  の正三角形ABCの各頂点に電荷  $+q$  が置かれている。各電荷の作る正三角形ABC内の電場を考える。三角形ABCの重心では、各電荷からの電場の和が **d** となる。つまり、重心に電荷  $+Q$  を置いたとすると、この電荷にはたらく合力が **e** となることを示している。

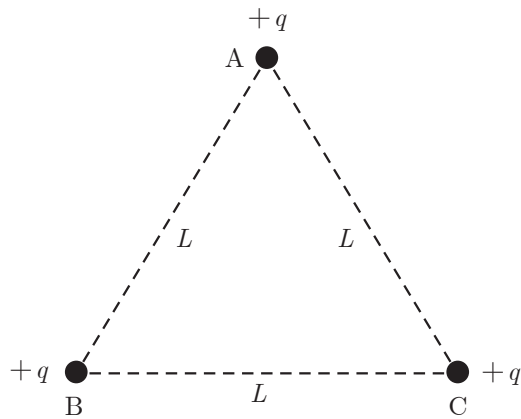


図 2

	<b>d</b>	<b>e</b>
①	$4k \frac{q}{L}$	$4k \frac{qQ}{L}$
②	$-4k \frac{q}{L}$	$-4k \frac{qQ}{L}$
③	$4k \frac{q}{L^2}$	$4k \frac{qQ}{L^2}$
④	$-4k \frac{q}{L^2}$	$-4k \frac{qQ}{L^2}$
⑤	0	0



物理基礎・物理

問3 次の記述中の空欄 **f** ・ **g** に入るものの組合せとして正しいものを、  
下の①～⑤のうちから一つ選べ。 **3**

問2で頂点Aの電荷を取り去ったとき、電荷+Qにはたらく合力の向きは **f** , 大きさは **g** となる。

	<b>f</b>	<b>g</b>
①	重心からAの向き	$9k \frac{qQ}{L^2}$
②	Aから重心の向き	$9k \frac{qQ}{L^2}$
③	重心からAの向き	$\frac{3}{2}k \frac{qQ}{L^2}$
④	Aから重心の向き	$3k \frac{qQ}{L^2}$
⑤	重心からAの向き	$3k \frac{qQ}{L^2}$

問4 次に図3のように、正三角形ABCにおいて頂点Aに電荷 $+q$ を、頂点BとCにそれぞれ $-q$ を置いた。このとき重心に電荷 $+q$ を置くと、重心に置かれた電荷 $+q$ にはたらく合力の大きさと向きの組合せとして正しいものを、下の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、 $q > 0$  とする。 4

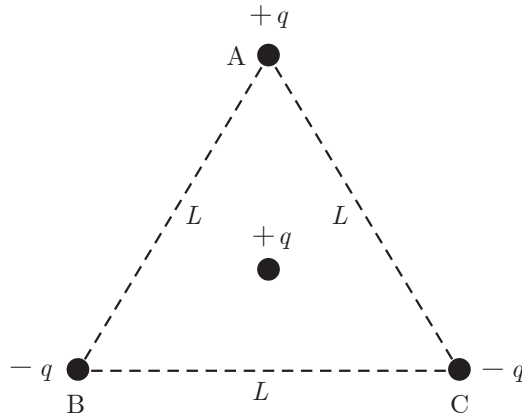


図 3

	大きさ	向き
①	$3k \frac{q^2}{L^2}$	重心からAの向き
②	$3k \frac{q^2}{L^2}$	Aから重心の向き
③	$\frac{9}{2} k \frac{q^2}{L^2}$	重心からAの向き
④	$6k \frac{q^2}{L^2}$	Aから重心の向き
⑤	$6k \frac{q^2}{L^2}$	重心からAの向き

物理基礎・物理

問5 問4において重心に置かれた電荷 $+q$ にはたらく力を0とするため、図4のように、辺BCの中点Pに電荷 $X$ を置いた。 $X$ として正しいものを、下の①～⑥のうちから一つ選べ。 5

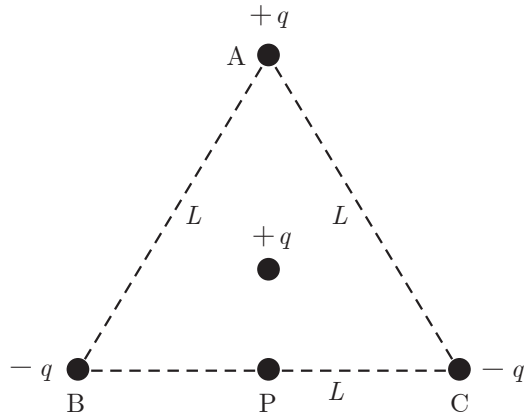


図 4

- ①  $-2q$     ②  $-q$     ③  $-\frac{1}{2}q$     ④  $\frac{1}{2}q$     ⑤  $q$     ⑥  $2q$

**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 25)

円筒容器に滑らかに動く軽いピストンを取り付け、単原子分子理想気体を閉じ込めた。容器とピストンは断熱的だが、気体を加熱・冷却できるよう、内部に電熱器と冷却器が取り付けられている(図1)。最初、容器内の気体の温度、体積はそれぞれ  $T_0$ 、 $V_0$  で、圧力は大気圧( $p_0$ とする)と同じであったとする。

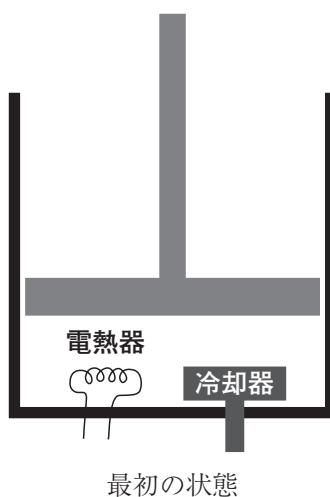


図 1

**問1** この容器を大気圧中におき、内部の気体を温度  $T_1$  までゆっくり暖めた ( $T_1 > T_0$ )。暖め終わった時の体積  $V_1$  はいくらか。正しいものを、次の①～③のうちから一つ選べ。  $V_1 =$

- ①  $V_0$                                       ②  $\frac{V_0 T_0}{T_1}$                                       ③  $\frac{V_0 T_1}{T_0}$

問2 問1の過程で容器内部の気体が外部にする仕事  $W$  はいくらか。正しいものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。  $W =$

- ①  $p_0 V_0$                           ②  $p_0 V_1$                           ③  $p_0(V_1 - V_0)$   
 ④  $p_0(V_0 - V_1)$                   ⑤  $p_0(V_0 + V_1)$

問3 問1の後、ピストンが動かないように固定してから、容器内の気体を元の温度  $T_0$  までゆっくり冷やした。冷やし終わったときの気体の圧力  $p_2$  はいくらか。正しいものを、次の①～③のうちから一つ選べ。  $p_2 =$

- ①  $p_0$                                   ②  $\frac{p_0 T_0}{T_1}$                           ③  $\frac{p_0 T_1}{T_0}$

問4 問3の後、容器内部の気体の温度を一定に保ったまま、気体の体積が最初の値 ( $V_0$ ) になるまで手でゆっくりとピストンを動かした。この過程で、容器内の気体の内部エネルギーはどうなるか。正しいものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 増加する                                  ② 減少する  
 ③ 一定に保たれる                          ④ 増加と減少を交互に繰り返す

問5 問4の過程で、容器内の気体の温度を一定に保つために必要な操作として正しいものを、次の①～③のうちから一つ選べ。

- ① ゆっくりと冷却する必要がある。  
 ② ゆっくりと加熱する必要がある。  
 ③ 加熱も冷却も不要。