物理

◆機械工学科　◆総合機械工学科
◆電気電子工学科
◆建築学科／建築専攻（Ⅰ型）　◆建築学科／インテリアデザイン専攻（Ⅰ型）
◆建築学科／土木・環境専攻（Ⅰ型）
◆情報システム学科／コンピュータサイエンス専攻
◆情報システム学科／情報ネットワーク専攻
◆情報デザイン学科／メディアデザイン専攻（Ⅰ型）
◆情報デザイン学科／プロダクトデザイン専攻（Ⅰ型）
◆総合情報学科／かおりデザイン専攻（Ⅰ型）
◆総合情報学科／経営情報専攻（Ⅰ型）

［Ⅰ］　次の問いの $\boxed{}$ の中の答えを，それぞれの解答群の中から１つずつ選べ。解答群の中の番号は，同じものを何度使ってもよい。

図１のように十分広い面積 S の正方形の金属平板１と２を間隔 d だけ離して平行におき，内部抵抗が無視できる起電力 E の電源とスイッチを接続した。金属平板は真空中にある。最初，スイッチは開いており，金属平板には電荷が蓄積されていないとする。ここで，スイッチを閉じ，十分に時間を経過させた。

真空中の誘電率を ε_0 とすると，金属平板間の電気容量 C は $\boxed{ア}$ で表される。このとき，金属平板１には電気量 $\boxed{イ}$ が，金属平板２には電気量 $\boxed{ウ}$ が蓄積される。また，金属平板間の電位差は $\boxed{エ}$ である。

次に図２のように，金属平板と同じ面積で厚さ $d/3$ の導板（導体の板）を金属平板の間に平行に挿入した。それぞれの金属平板と導板との距離はともに $d/3$ である。十分に時間が経過した後，金属平板間の電気容量は $\boxed{オ}$ となる。また，金属平板１と導板の間の電位差は $\boxed{カ}$ となる。

ここで図３のように，導板を金属平板面積 S の半分だけ金属平板間から平行に抜いた。十分に時間が経過した後，導板を抜いた領域Ａの金属平板間の電気容量は $\boxed{キ}$ となり，導板が残っている領域Ｂの金属平板間の電気容量は $\boxed{ク}$ となる。よって，全体の電気容量は $\boxed{ケ}$ となる。このとき，領域Ｂにおける金属平板１と導板との間の電位差は $\boxed{コ}$ である。

最後に図４のように，導板を抜いた領域Ａの金属平板間を比誘電率 ε_r の誘電体で満たした。十分に時間が経過した後，誘電体で満たされた領域Ａの金属平板間の電気容量が $\boxed{サ}$ であることから，全体の電気容量は $\boxed{シ}$ となる。

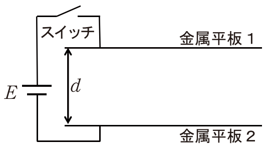


図 1

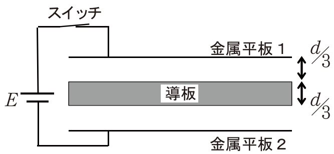


図 2

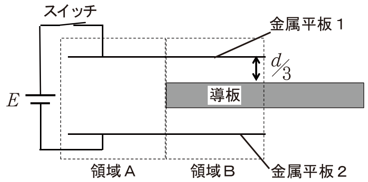


図 3

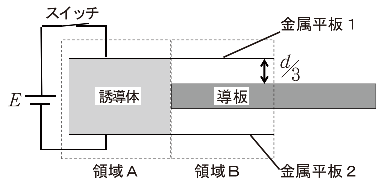


図 4

解答群

$\boxed{ア}$

① $\varepsilon_0 d$　② $\varepsilon_0 S$　③ $\varepsilon_0 dS$　④ $\dfrac{dS}{\varepsilon_0}$

⑤ $\dfrac{S}{\varepsilon_0 d}$　⑥ $\dfrac{d}{\varepsilon_0 S}$　⑦ $\varepsilon_0\dfrac{S}{d}$　⑧ $\varepsilon_0\dfrac{d}{S}$

$\boxed{イ}$，$\boxed{ウ}$

① CE　② $\dfrac{1}{2}CE^2$　③ $\dfrac{C}{E}$　④ $\dfrac{E}{C}$　⑤ 0

⑥ $-CE$　⑦ $-\dfrac{1}{2}CE^2$　⑧ $-\dfrac{C}{E}$　⑨ $-\dfrac{E}{C}$

$\boxed{エ}$，$\boxed{カ}$，$\boxed{コ}$

① E　② $\dfrac{E}{2}$　③ $\dfrac{3E}{2}$　④ $\dfrac{E}{3}$

⑤ $\dfrac{2E}{3}$　⑥ $\dfrac{CE^2}{2d}$　⑦ $\dfrac{3CE^2}{2d}$

$\boxed{オ}$，$\boxed{キ}$，$\boxed{ク}$，$\boxed{ケ}$

① $\dfrac{C}{2}$　② $\dfrac{3C}{2}$　③ $\dfrac{C}{3}$　④ $\dfrac{2C}{3}$　⑤ $\dfrac{4C}{3}$

⑥ $\dfrac{C}{4}$　⑦ $\dfrac{3C}{4}$　⑧ $\dfrac{5C}{4}$　⑨ $\dfrac{3C}{10}$　⓪ 0

$\boxed{サ}$

① $\varepsilon_r\dfrac{C}{2}$　② $\dfrac{1}{\varepsilon_r}\dfrac{C}{2}$　③ $\varepsilon_r\dfrac{CE^2}{2}$　④ $\dfrac{CE^2}{2\varepsilon_r}$　⑤ $\varepsilon_r\varepsilon_0 C$　⑥ $\dfrac{\varepsilon_r}{\varepsilon_0}C$

$\boxed{シ}$

① $\dfrac{\varepsilon_r+\varepsilon_0}{2}C$　② $\dfrac{\varepsilon_r+3}{4}C$　③ $\dfrac{2\varepsilon_r+3}{4}C$　④ $\dfrac{\varepsilon_r+\varepsilon_0}{5}C$

⑤ $\dfrac{3\varepsilon_r}{4\varepsilon_r+6}C$　⑥ $\dfrac{\varepsilon_r}{3\varepsilon_r+2}C$　⑦ $\dfrac{3\varepsilon_0}{4\varepsilon_r+6}C$　⑧ $\dfrac{\varepsilon_0}{3\varepsilon_r+2}C$

［Ⅱ］　次の問いの $\boxed{}$ の中の答えを，それぞれの解答群の中から１つずつ選べ。解答群の中の番号は，同じものを何度使ってもよい。

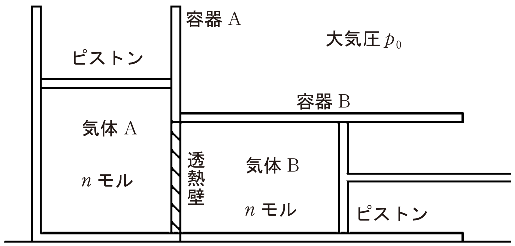
図のように，２個のピストン付きの容器 A，B が置かれており，それぞれの容器に物質量（モル数）n の単原子分子からなる理想気体が封入されている。容器 A は鉛直に，容器 B は水平に置かれており，容器 A の側面と容器 B の底面が接している。容器 A と B の接触面は熱が出入りできる壁（透熱壁）であり，それ以外の壁面とピストンは断熱材でできている。ピストンは十分軽くて，ピストンと容器の間の摩擦は無視できる。容器 A の気体の圧力は大気圧のみから影響をうけ，容器 B の気体の圧力はピストンを通して外部から調節することができる。大気圧を p_0 とし，これは常に一定であるとする。気体定数を R とする。以下では，容器 A の理想気体を気体 A と呼び，容器 B の理想気体を気体 B と呼ぶ。なお，以下の変化で容器 A のピストンが透熱壁に接触することはない。

最初，気体 A の温度（絶対温度）を T_1，体積を V_1 とする。このとき，理想気体の状態方程式より $\boxed{\text{ア}}$ が成り立つ。また，気体 A の内部エネルギーは $\boxed{\text{イ}}$ である。この状態から容器 B のピストンを動かして気体 B の体積をゆっくりと変化させる。この変化の間，気体 A の圧力は $\boxed{\text{ウ}}$ 。この変化後の気体 A の温度を T_2，体積を V_2 とする。このとき，ボイル・シャルルの法則より，$\boxed{\text{エ}}$ が成り立つ。

この変化の間の気体 A の内部エネルギーの変化量を $\varDelta U_{\mathrm{A}}$ とすると，$\varDelta U_{\mathrm{A}} = \boxed{\text{オ}}$ が成り立つ。また，この変化の間に気体 A が外部にした仕事を W_{A} とすると，$W_{\mathrm{A}} = \boxed{\text{カ}}$ が成り立つ。この変化の間に気体 A が受け取った熱量を Q_{A} とすると，熱力学の第一法則より $\varDelta U_{\mathrm{A}} = \boxed{\text{キ}}$ が成り立つ。以上より，$Q_{\mathrm{A}} = \boxed{\text{ク}}$ が得られる。

一方，この変化の間の気体 B の内部エネルギーの変化量を $\varDelta U_{\mathrm{B}}$ とすると，$\varDelta U_{\mathrm{B}} = \boxed{\text{ケ}}$ が成り立つ。また，この変化の間に気体 B が受け取った熱量を Q_{B} とすると，$Q_{\mathrm{B}} = -\boxed{\text{コ}}$ が成り立つ。したがって熱力学の第一法則より，この変化の間に気体 B が外部にした仕事を W_{B} とすると，$W_{\mathrm{B}} = -\boxed{\text{サ}}$ が成り立つ。

以上より，気体 B を圧縮するとき，$\boxed{\text{シ}}$ となるので，気体 A について $\boxed{\text{ス}}$ ことが分かる。



解答群

$\boxed{\text{ア}}$
① $RT_1V_1 = np_0$　② $p_0V_1 = nRT_1$　③ $Rp_0V_1 = nT_1$
④ $p_0T_1 = nRV_1$　⑤ $Rp_0T_1 = nV_1$　⑥ $T_1V_1 = nRp_0$

$\boxed{\text{イ}}$
① p_0V_1　② $\frac{1}{2}p_0V_1$　③ $\frac{1}{2}T_1V_1$　④ $\frac{1}{2}nRT_1$　⑤ $\frac{3}{2}T_1V_1$
⑥ $\frac{3}{2}nRT_1$　⑦ $\frac{5}{2}T_1V_1$　⑧ $\frac{5}{2}nRT_1$　⑨ $3p_0V_1$　⓪ 0

$\boxed{\text{ウ}}$
① 増加する　② 減少する　③ 変化しない

$\boxed{\text{エ}}$
① $T_1 + T_2 = V_1 + V_2$　② $T_1 - T_2 = V_1 - V_2$　③ $T_1T_2 = V_1V_2$
④ $T_1T_2 = p_0V_1V_2$　⑤ $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_2}{V_1}$　⑥ $\frac{T_2}{T_1} = \frac{V_1}{V_2}$
⑦ $\frac{T_1 + T_2}{V_1 + V_2} = \frac{nR}{p_0}$　⑧ $\frac{T_1T_2}{V_1V_2} = \frac{nR}{p_0}$　⑨ $\frac{T_1T_2}{V_1V_2} = \frac{p_0}{nR}$

$\boxed{\text{オ}}$，$\boxed{\text{カ}}$，$\boxed{\text{ク}}$，$\boxed{\text{ケ}}$
① $p_0(V_2 - V_1)$　② $\frac{1}{2}p_0(V_2 - V_1)$　③ $\frac{1}{2}(T_2V_2 - T_1V_1)$
④ $\frac{1}{2}nR(T_2 - T_1)$　⑤ $\frac{3}{2}(T_2V_2 - T_1V_1)$　⑥ $\frac{3}{2}nR(T_2 - T_1)$
⑦ $\frac{5}{2}(T_2V_2 - T_1V_1)$　⑧ $\frac{5}{2}nR(T_2 - T_1)$　⑨ $3p_0(V_2 - V_1)$　⓪ 0

$\boxed{\text{キ}}$
① $W_{\mathrm{A}} + Q_{\mathrm{A}}$　② $W_{\mathrm{A}} - Q_{\mathrm{A}}$　③ $-W_{\mathrm{A}} + Q_{\mathrm{A}}$
④ $-W_{\mathrm{A}} - Q_{\mathrm{A}}$　⑤ $W_{\mathrm{A}}Q_{\mathrm{A}}$　⑥ $\frac{W_{\mathrm{A}}}{Q_{\mathrm{A}}}$　⑦ $\frac{Q_{\mathrm{A}}}{W_{\mathrm{A}}}$

$\boxed{\text{コ}}$，$\boxed{\text{サ}}$
① $p_0(V_2 - V_1)$　② $2p_0(V_2 - V_1)$　③ $\frac{3}{2}p_0(V_2 - V_1)$
④ $2(T_2V_2 - T_1V_1)$　⑤ $\frac{3}{2}(T_2V_2 - T_1V_1)$　⑥ $\frac{5}{2}(T_2V_2 - T_1V_1)$
⑦ $\frac{5}{2}nR(T_2 - T_1)$　⑧ $\frac{7}{2}nR(T_2 - T_1)$　⑨ $4nR(T_2 - T_1)$　⓪ 0

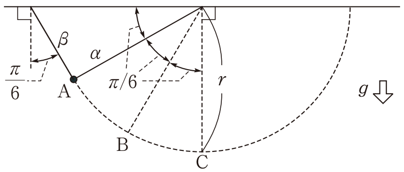
$\boxed{\text{シ}}$
① $W_{\mathrm{B}} > 0$　② $W_{\mathrm{B}} < 0$　③ $W_{\mathrm{B}} = 0$

$\boxed{\text{ス}}$
① 温度は上がり，体積は増加する　② 温度は上がり，体積は減少する
③ 温度は上がり，体積は変化しない　④ 温度は下がり，体積は増加する
⑤ 温度は下がり，体積は減少する　⑥ 温度は下がり，体積は変化しない
⑦ 温度は変化せず，体積は増加する　⑧ 温度は変化せず，体積は減少する
⑨ 温度も体積も変化しない

ステップ３：

音源Sが速度 u で運動し，観測者Rが速度 $w(w < V)$ で運動する場合を考える。こ

［Ⅲ］ 次の問いの $\boxed{}$ の中の答えを，それぞれの解答群の中から１つずつ選べ。解答群の中の番号は，同じものを何度使ってもよい。



水平な天井から小物体を，十分軽く伸び縮みしない糸 α でつるす。始め，右図のように，十分軽く伸び縮みしない糸 β も天井から小物体に結んで，小物体を点Aに静止させる。この状態で，糸 β は鉛直下向きから $\pi/6$ ラジアン傾いており，糸 α は鉛直下向きから $\pi/3$ ラジアン傾いている。小物体の質量は m，糸 α の長さは r，重力加速度の大きさは g である。空気抵抗は無視できる。

まず，点Aでの静止状態を考える。

(1) 小物体に作用する重力 $\vec{f}$ の向きは $\boxed{\text{ア}}$，大きさは $f = \boxed{\text{イ}} \times mg$ である。

(2) 小物体に作用する糸 α の張力 $\overrightarrow{T_{\text{A静}}}$ の向きは $\boxed{\text{ウ}}$，大きさは $T_{\text{A静}} = \boxed{\text{エ}} \times mg$ であり，小物体に作用する糸 β の張力 $\overrightarrow{S_{\text{静}}}$ の向きは $\boxed{\text{オ}}$，大きさは $S_{\text{静}} = \boxed{\text{カ}} \times mg$ である。

次に，小物体から糸 β を切り離し，小物体を点Aから初速ゼロで振り子運動させる。

(3) 小物体が点Aで振り子運動を始めた瞬間を考える。この瞬間に小物体に作用する全ての力の和 $\overrightarrow{F_{\text{A}}}$ の向きは $\boxed{\text{キ}}$，大きさは $F_{\text{A}} = \boxed{\text{ク}} \times mg$ である。よって，この瞬間の小物体の加速度 $\overrightarrow{a_{\text{A}}}$ の向きは $\boxed{\text{ケ}}$，大きさは $a_{\text{A}} = \boxed{\text{コ}} \times g$ である。

(4) 小物体が振り子運動を始めてから最初に図の点Bに到達した瞬間を考える。点Bでの小物体の速度 $\overrightarrow{v_{\text{B}}}$ の大きさを v_{B} とすると，点Bで小物体が持つ運動エネルギーは $K_{\text{B}} = \boxed{\text{サ}}$ である。また，点Bで小物体が持つ重力の位置エネルギーは，点Aを基準として，$U_{\text{B}} = \boxed{\text{シ}}$ である。よって，力学的エネルギー保存則は $\boxed{\text{ス}} = 0$ と表せるので，$v_{\text{B}} = \boxed{\text{セ}}$ となる。また，速度 $\overrightarrow{v_{\text{B}}}$ の向きは $\boxed{\text{ソ}}$ である。

さらに，小物体が振り子運動を初めてから最初に図の点Cに到達した瞬間を考える。

(5) 点Cでの小物体の速度の大きさ v_{C} は，点C通過後も含めた振り子運動の全体の中で $\boxed{\text{タ}}$。これは，小物体が点Cを通過する直前と直後で，速度は向きだけが変わることを意味する。よって，点Cでの小物体の加速度 $\overrightarrow{a_{\text{C}}}$ の向きは $\boxed{\text{チ}}$ である。また，点Cで小物体に作用する全ての力の和 $\overrightarrow{F_{\text{C}}}$ の向きは $\boxed{\text{ツ}}$ である。

最後に，小物体が点Cを通過した後に初めて到達する最高点Dを考える。

(6) 小物体が点Dに到達したときの糸 α と，小物体が点Aにあったときの糸 α の間の角は $\theta_{\text{top}} = \boxed{\text{テ}}$ ラジアンである。

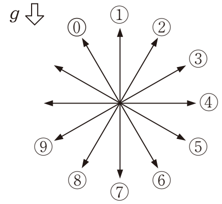
(7) 点Dでの小物体の加速度 $\overrightarrow{a_{\text{D}}}$ の大きさは $a_{\text{D}} = \boxed{\text{ト}} \times g$ であり，小物体の速度 $\overrightarrow{v_{\text{D}}}$ の大きさは $v_{\text{D}} = \boxed{\text{ナ}}$ である。

解答群

$\boxed{\text{ア}}$，$\boxed{\text{ウ}}$，$\boxed{\text{オ}}$，$\boxed{\text{キ}}$，$\boxed{\text{ケ}}$，$\boxed{\text{ソ}}$，$\boxed{\text{チ}}$，$\boxed{\text{ツ}}$

右図の解答群から適切な向きを選べ。

ただし，隣り合う矢印の間の角は全て $\dfrac{\pi}{6}$ ラジアンである。



$\boxed{\text{イ}}$，$\boxed{\text{エ}}$，$\boxed{\text{カ}}$，$\boxed{\text{ク}}$，$\boxed{\text{コ}}$，$\boxed{\text{ト}}$

① 1　② 2　③ $\dfrac{1}{2}$　④ $\sqrt{3}$　⑤ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$

⑥ $\dfrac{\sqrt{3}}{3}$　⑦ $\dfrac{2\sqrt{3}}{3}$　⑧ $\dfrac{\sqrt{3}}{4}$　⑨ $\dfrac{4\sqrt{3}}{3}$　⓪ 0

$\boxed{\text{サ}}$　① mgv_{B}　② $2mgv_{\text{B}}$　③ $\dfrac{1}{2}mgv_{\text{B}}$　④ mgv_{B}^2　⑤ $\dfrac{1}{2}mgv_{\text{B}}^2$

⑥ mv_{B}　⑦ $2mv_{\text{B}}$　⑧ $\dfrac{1}{2}mv_{\text{B}}$　⑨ mv_{B}^2　⓪ $\dfrac{1}{2}mv_{\text{B}}^2$

$\boxed{\text{シ}}$　① mgr　② $-mgr$　③ $\dfrac{mgr}{2}$　④ $-\dfrac{mgr}{2}$　⑤ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}mgr$　⑥ $-\dfrac{\sqrt{3}}{2}mgr$

⑦ $\dfrac{\sqrt{3}-1}{2}mgr$　⑧ $-\dfrac{\sqrt{3}-1}{2}mgr$　⑨ $(\sqrt{3}-1)mgr$　⓪ $-(\sqrt{3}-1)mgr$

$\boxed{\text{ス}}$　① $K_{\text{B}}U_{\text{B}}$　② $\dfrac{K_{\text{B}}}{U_{\text{B}}}$　③ $\dfrac{U_{\text{B}}}{K_{\text{B}}}$　④ $K_{\text{B}}+U_{\text{B}}$

⑤ $K_{\text{B}}-U_{\text{B}}$　⑥ $\dfrac{1}{K_{\text{B}}}+\dfrac{1}{U_{\text{B}}}$　⑦ $\dfrac{1}{K_{\text{B}}}-\dfrac{1}{U_{\text{B}}}$

$\boxed{\text{セ}}$，$\boxed{\text{ナ}}$

① gr　② $\sqrt{gr}$　③ $2gr$　④ $\sqrt{2gr}$　⑤ $(\sqrt{3}-1)gr$　⑥ $\sqrt{(\sqrt{3}-1)gr}$

⑦ $\sqrt{2(\sqrt{3}-1)gr}$　⑧ $\dfrac{\sqrt{3}-1}{2}gr$　⑨ $\sqrt{\dfrac{\sqrt{3}-1}{2}gr}$　⓪ 0

$\boxed{\text{タ}}$　① 最小となる　② 最大となる　③ ２番目に小さい

④ ２番目に大きい　⑤ ３番目に小さい　⑥ ３番目に大きい

$\boxed{\text{テ}}$　① 1　② 2　③ $\dfrac{1}{2}$　④ $\sqrt{3}$　⑤ $\dfrac{\sqrt{3}}{2}$　⑥ $\dfrac{\pi}{2}$　⑦ $\dfrac{\pi}{6}$　⑧ $\dfrac{5\pi}{6}$　⑨ $\dfrac{\pi}{3}$　⓪ $\dfrac{2\pi}{3}$