物　　理

以下の $\boxed{1}$ から $\boxed{27}$ にあてはまる最も適切な答えを各解答群から１つ選び，解答用紙（マークシート）にマークせよ。ただし，同じ番号をくり返し選んでもよい。数値を選ぶ場合は最も近い値を選ぶものとする。

Ⅰ　軽いばねの一端を，静止しているエレベーターの天井に固定した。ばねはフックの法則が成立する範囲内で伸び縮みする。また，重力は図の下向きに作用し，重力加速度の大きさを g とする。ただし，空気抵抗や浮力は無視できるものとする。

(1)　図１のように，ばねの他端に質量 m の物体を静かにつるした。ばねは自然の長さから鉛直下向きに a だけ伸びて静止した。このときの物体の位置を，つりあいの位置とよぶ。このばねのばね定数は，m と g と a を用いて表すと，$\boxed{1}$ である。ばねをつりあいの位置からさらに鉛直方向に a だけ伸ばしてから静かにはなすと，物体は単振動する。単振動の振動数は $\boxed{2}$ であり，物体がつり合いの位置を通過するときの速さは $\boxed{3}$ である。

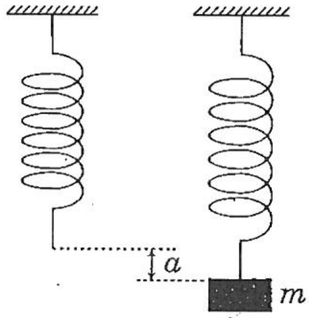

図１

図２のように，ばねに質量 m の物体をつるした状態のまま，エレベーターを鉛直上向きで大きさ $\frac{1}{4}g$ の一定の加速度で上昇させた。このときのつりあいの位置は，自然の長さから $\boxed{4}$ $\times a$ だけ伸びた位置となる。エレベーターが加速している間に物体を単振動させると，単振動の周期は $\boxed{5}$ となる。

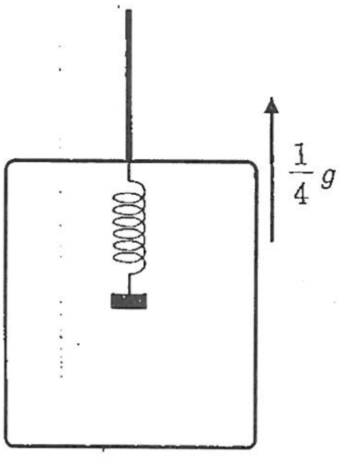

図２

$\boxed{\quad 1 \quad}$ の解答群

① $\dfrac{g}{a}$　② $\dfrac{mg}{2a}$　③ $\dfrac{2mg}{a}$　④ $\dfrac{mg}{a}$

⑤ $\dfrac{a}{g}$　⑥ $\dfrac{ma}{2g}$　⑦ $\dfrac{2ma}{g}$　⑧ $\dfrac{ma}{g}$

$\boxed{\quad 2 \quad}$ と $\boxed{\quad 3 \quad}$ と $\boxed{\quad 5 \quad}$ の解答群

① $2\pi\sqrt{\dfrac{a}{g}}$　② $2\pi\sqrt{\dfrac{a}{2g}}$　③ $2\pi\sqrt{\dfrac{g}{a}}$　④ $2\pi\sqrt{\dfrac{g}{2a}}$　⑤ $2\pi\sqrt{ga}$

⑥ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{a}{g}}$　⑦ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{a}{2g}}$　⑧ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g}{a}}$　⑨ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g}{2a}}$　⓪ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{ga}$

ⓐ $\sqrt{\dfrac{a}{g}}$　ⓑ $\sqrt{\dfrac{a}{2g}}$　ⓒ $\sqrt{\dfrac{g}{a}}$　ⓓ $\sqrt{\dfrac{g}{2a}}$　ⓔ $\sqrt{ga}$

$\boxed{\quad 4 \quad}$ の解答群

① $\dfrac{1}{4}$　② $\dfrac{1}{2}$　③ $\dfrac{3}{4}$　④ 1　⑤ $\dfrac{5}{4}$　⑥ $\dfrac{3}{2}$　⑦ $\dfrac{7}{4}$　⑧ 2

(2) エレベーターは静止しているとする。図3のように，このばねに質量が $m+\varDelta m$ の物体をつるした。$\varDelta m$ は m に比べて十分に小さいとする。物体を鉛直方向に単振動させたときの周期は，ばね定数を k とすると $\boxed{\quad 6 \quad}$ となる。ここで，x が1より十分小さいときに $\sqrt{1+x} \fallingdotseq 1+\dfrac{1}{2}x$ が成り立つことを用いれば，得られた周期 $\boxed{\quad 6 \quad}$ は $\boxed{\quad 7 \quad}$ と近似できる。

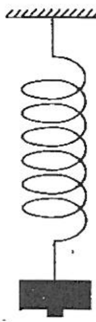

図3

このばねに質量が1.0000 kgの物体をつるして鉛直方向に単振動させたとき，その単振動の周期は，$T=1.0000\times10^{-1}$ s であった。この物体に，質量が0.0020 kgの小物体を加えて単振動させたときの周期は T' であった。このふたつの周期の差 $T'-T$ は，$\boxed{\quad 7 \quad}$ を用いると $\boxed{\quad 8 \quad}$ sと求まる。

$\boxed{\ 6\ }$ の解答群

① $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{2k}{m+\Delta m}}$　② $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{k}{m+\Delta m}}$

③ $2\pi\sqrt{\dfrac{2k}{m+\Delta m}}$　④ $2\pi\sqrt{\dfrac{k}{m+\Delta m}}$

⑤ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{m+\Delta m}{2k}}$　⑥ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{m+\Delta m}{k}}$

⑦ $2\pi\sqrt{\dfrac{m+\Delta m}{k}}$　⑧ $2\pi\sqrt{\dfrac{m+\Delta m}{2k}}$

$\boxed{\ 7\ }$ の解答群

① $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}\left(1+\dfrac{\Delta m}{m}\right)$　② $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}\left(1+\dfrac{\Delta m}{2m}\right)$

③ $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}\left(1+\dfrac{m}{\Delta m}\right)$　④ $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}}\left(1+\dfrac{m}{2\Delta m}\right)$

⑤ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{k}{m}}\left(1+\dfrac{\Delta m}{m}\right)$　⑥ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{k}{m}}\left(1+\dfrac{\Delta m}{2m}\right)$

⑦ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{k}{m}}\left(1+\dfrac{m}{\Delta m}\right)$　⑧ $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{k}{m}}\left(1+\dfrac{m}{2\Delta m}\right)$

$\boxed{\ 8\ }$ の解答群

① 1.0×10^{-2}　② 2.0×10^{-2}　③ 5.0×10^{-2}

④ 1.0×10^{-3}　⑤ 2.0×10^{-3}　⑥ 5.0×10^{-3}

⑦ 1.0×10^{-4}　⑧ 2.0×10^{-4}　⑨ 5.0×10^{-4}

⓪ 1.0×10^{-5}　ⓐ 2.0×10^{-5}　ⓑ 5.0×10^{-5}

Ⅱ　以下のような装置について考える。ただし，摩擦による静電気は発生しないものとする。

(1)　図1(a)のように，H型の断面をもつ絶縁体の棒に，大きさが同じ金属板ⅠとⅡとⅢを溝の中に入れた。図1(b)は，横から見たようすである。金属板ⅠとⅡは図1(b)で示された位置で固定したが，金属板Ⅲは溝の中をなめらかに動くことができる。最初，どの金属板も帯電していなかった。また，図1(b)の状態では，金属板ⅡとⅢは接触していて，電荷は移動できるものとする。

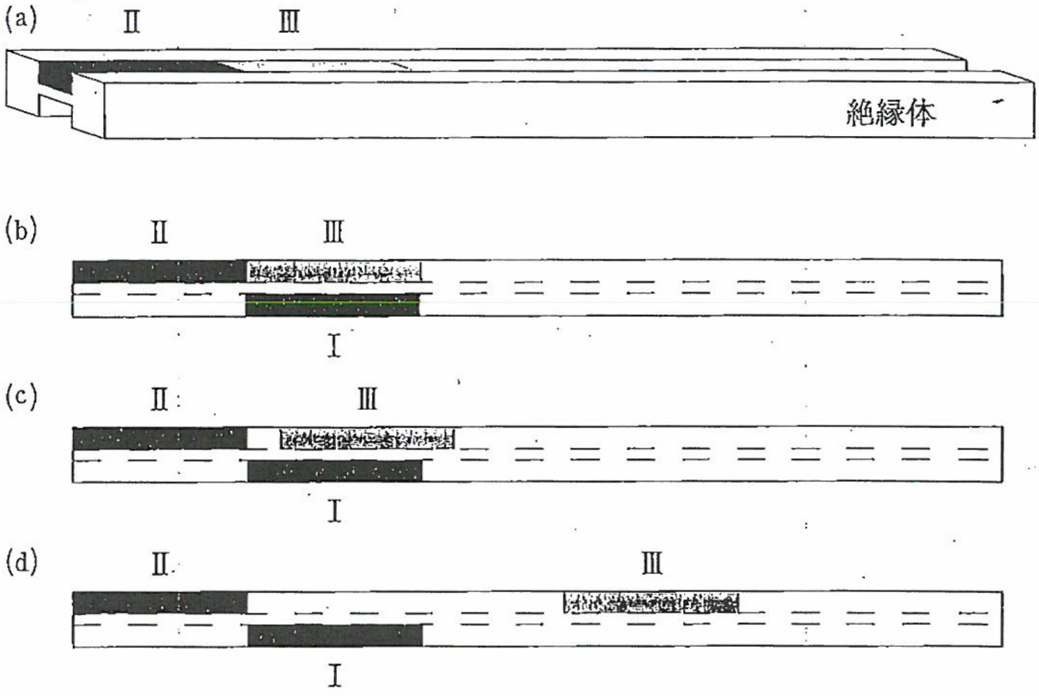

図1

図1(b)の状態で金属板Ⅰのみを負に帯電させると，金属板ⅠとⅢにはさまれた絶縁体の上部と下部には異符号の電荷があらわれる。この現象は $\boxed{\quad 9 \quad}$ とよばれる。一方，金属板ⅡとⅢの表面にも電荷があらわれる。この現象は $\boxed{\quad 10 \quad}$ とよばれる。

次に，図1(c)のように金属板ⅡとⅢを離すと，ⅡとⅢの間で電荷は移動できなくなる。図1(c)の状態から，図1(d)のように金属板Ⅲをさらに右方向に動かすためには，金属板ⅡとⅢの間および金属板ⅠとⅢの間にはたらく $\boxed{\quad 11 \quad}$ にさからって仕事をする必要がある。図1(d)の状態は図1(c)の状態と比べると，金属板Ⅰ，Ⅱ，Ⅲに帯電

した電荷は変化しないが，金属板IIとIIIの間およびIとIIIの間の距離が大きくなる。図1(d)の状態における金属板IIと金属板IIIの間の電位差は，図1(c)の状態に比べて $\boxed{12}$ 。

$\boxed{9}$ と $\boxed{10}$ の解答群

① 相互誘導　② 静電誘導　③ 誘電分極　④ 電磁誘導　⑤ 光電効果

$\boxed{11}$ の解答群

① 引 力　② 斥 力　③ 向心力　④ 遠心力

$\boxed{12}$ の解答群

① 小さくなる　② 変化はない　③ 大きくなる

(2) 図1と同じ絶縁体の棒の上面の溝に金属板A，B，Cを，下面の溝に金属板FとGを固定する。図2(a)は，横から見たようすである。金属板AとG，CとFは導線でそれぞれ接続されている。さらに，絶縁体の細い棒でつながっている金属板DとEは，上面の溝に入れられており，DとEの距離を変化させずに同時に溝の中を左右に動かすことができる。なお，すべての金属板は同じ大きさであり，最初，どの金属板も帯電していなかった。以下の操作を順番に行った場合に，各金属板が持つ電荷について考えていく。ただし，ひとつの操作を終えて次の操作を行うまでに，十分時間が経過しているものとする。

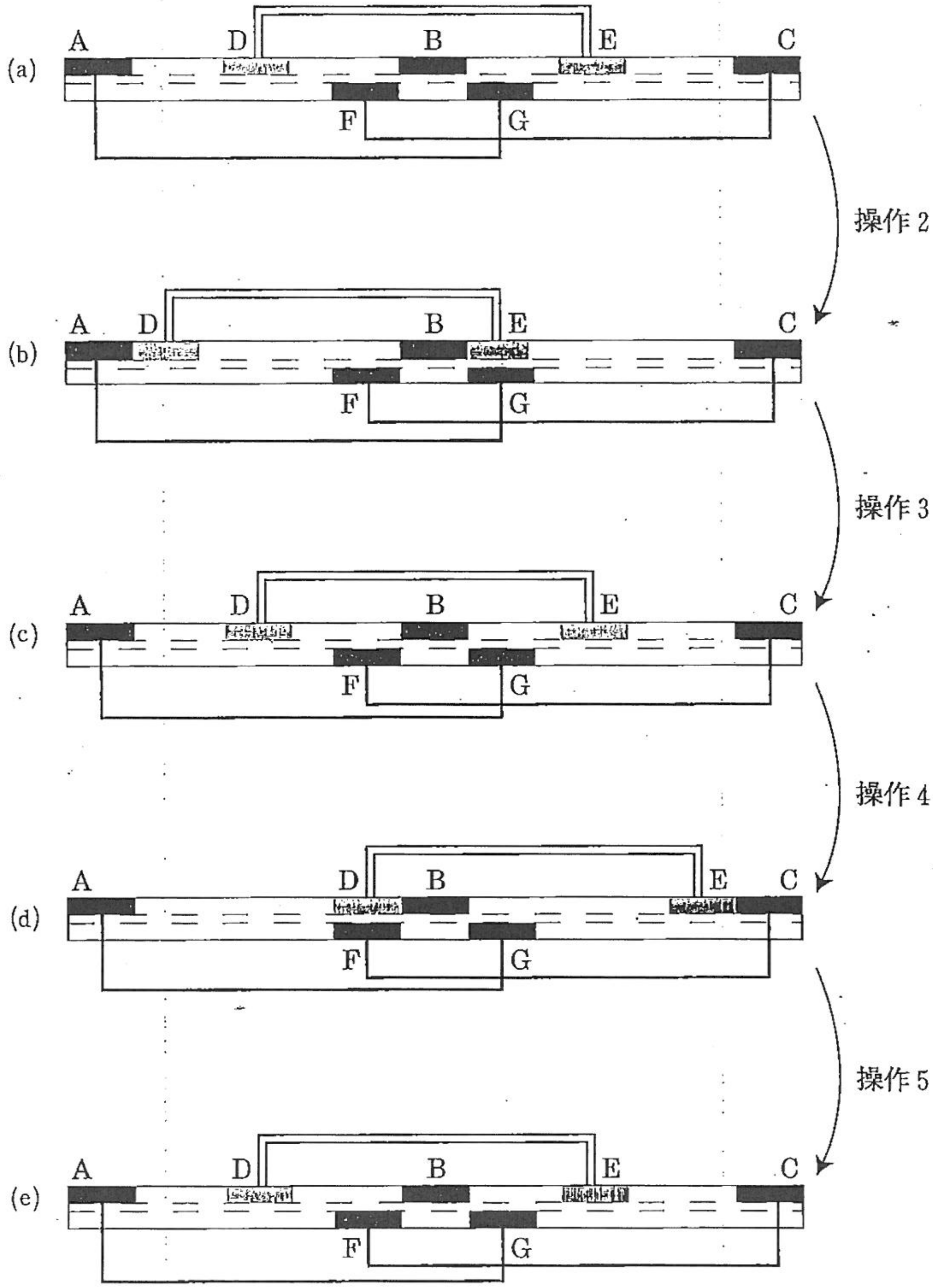
A
D
B
E
C
(a)
F
G
操作 2
A
D
B
E
C
(b)
F
G
操作 3
A
D
B
E
C
(c)
F
G
操作 4
A
D
B
E
C
(d)
F
G
操作 5
A
D
B
E
C
(e)
F
G

図 2

操作1：図2(a)の状態のとき，金属板Dを負に帯電させた。

操作2：図2(a)の状態から金属板DとEを左に動かして，図2(b)のように金属板DをAに接触させた。そのとき，金属板EもBに接触した。金属板Dにあった電荷のある部分は金属板AとGに移動した。このとき，金属板B側と金属板E側にあらわれる電荷の符号は $\boxed{\quad 13 \quad}$ 。

操作3：図2(b)の状態から図2(c)の状態にした。この状態にするためには外部から $\boxed{\quad 14 \quad}$ の仕事をする必要がある。

操作4：図2(c)の状態から金属板DとEを右に動かして，図2(d)のように金属板EをCに接触させた。そのとき，金属板DはBに接触した。金属板Eにあった電荷のある部分は金属板CとFに移動し，金属板CとFは $\boxed{\quad 15 \quad}$ に帯電した。

操作5：図2(d)の状態から金属板DとEを左に動かして，図2(e)の状態にした。このとき金属板Dが持っている電気量 q〔C〕と，操作3の図2(c)のときに金属板Dが持っていた電気量 q'〔C〕を比較すると， $\boxed{\quad 16 \quad}$ である。

このように金属板DとEを繰り返し往復させることによって，この装置全体が持つ静電エネルギーは $\boxed{\quad 17 \quad}$ 。

$\boxed{\quad 13 \quad}$ の解答群

① 同じである　　② 異なる

$\boxed{\quad 14 \quad}$ と $\boxed{\quad 15 \quad}$ の解答群

① 正　　② 負

$\boxed{\quad 16 \quad}$ の解答群

① $|q|<|q'|$　　② $|q|=|q'|$　　③ $|q|>|q'|$

$\boxed{\quad 17 \quad}$ の解答群

① 減少する　　② 変化しない　　③ 増加する

Ⅲ　断熱材でできた断面積 S〔$\mathrm{m^2}$〕のシリンダーが水平に固定され，その中になめらかに動く壁1がある。壁1で仕切られたシリンダー内の空間Aには，単原子分子の理想気体が封入されている。壁1の厚さは無視でき，シリンダーと壁1はともに断熱材でできている。また，シリンダーには温度調整器が取りつけられており，シリンダー内の気体を加熱，冷却することができる。ただし，温度調整器の体積と熱容量は無視できる。図1のように，水平右向きに x 軸をとり，シリンダーの左端から距離 a〔m〕の位置を原点O（$x=0$〔m〕）とする。このときのシリンダー外部の圧力を p_0〔Pa〕，温度を T_0〔K〕とする。

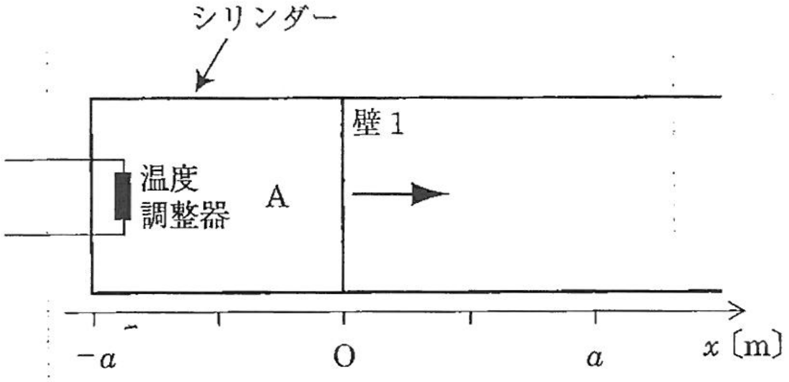

図1

(1)　図1のように，壁1は原点Oの位置にある。空間Aの気体の圧力および温度は，シリンダー外部の圧力 p_0〔Pa〕および温度 T_0〔K〕と等しくした。この状態から温度調整器で空間Aの気体をゆっくりと加熱して，気体の温度を T_1〔K〕まで変化させると，壁1は $x=$ $\boxed{18}$ $\times a$〔m〕の位置に移動した。また，空間Aの気体の内部エネルギーの変化量は $\boxed{19}$ $\times p_0Sa$〔J〕，気体が外にした仕事は $\boxed{20}$ $\times p_0Sa$〔J〕である。したがって，温度が T_0〔K〕から T_1〔K〕に変化する間に空間Aの気体が吸収した熱量は，$\boxed{21}$ $\times p_0Sa$〔J〕である。

$\boxed{18}$ ～ $\boxed{21}$ の解答群

① $\dfrac{T_1}{2T_0}$　② $\dfrac{T_1}{T_0}$　③ $\dfrac{3T_1}{2T_0}$　④ $\dfrac{2T_1}{T_0}$

⑤ $\dfrac{5T_1}{2T_0}$　⑥ $\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{T_1}{T_0}+1\right)$　⑦ $\left(\dfrac{T_1}{T_0}+1\right)$　⑧ $\dfrac{3}{2}\left(\dfrac{T_1}{T_0}+1\right)$

⑨ $2\left(\dfrac{T_1}{T_0}+1\right)$　⓪ $\dfrac{5}{2}\left(\dfrac{T_1}{T_0}+1\right)$　ⓐ $\dfrac{1}{2}\left(\dfrac{T_1}{T_0}-1\right)$　ⓑ $\left(\dfrac{T_1}{T_0}-1\right)$

ⓒ $\dfrac{3}{2}\left(\dfrac{T_1}{T_0}-1\right)$　ⓓ $2\left(\dfrac{T_1}{T_0}-1\right)$　ⓔ $\dfrac{5}{2}\left(\dfrac{T_1}{T_0}-1\right)$

(2) 図2のように，壁1を原点Oの位置に静止させ，金属でできた壁2を $x=a$〔m〕の位置に固定した。壁1と壁2の間の空間Bには，単原子分子の理想気体を封入した。空間Aおよび空間Bの圧力および温度は，シリンダー外部の圧力 p_0〔Pa〕および温度 T_0〔K〕と等しくした。また，空間Bの気体は，壁2を通して外部との熱のやり取りができ，その温度は常にシリンダー外部の温度と等しく T_0〔K〕である。この状態から空間Aの気体に熱をゆっくりと加えて，温度を T_2〔K〕にすると，空間Aの気体の圧力は $\left(\boxed{22}\right)\times p_0$〔Pa〕となり，壁1は $x=\left(\boxed{23}\right)\times a$〔m〕の位置に移動した。

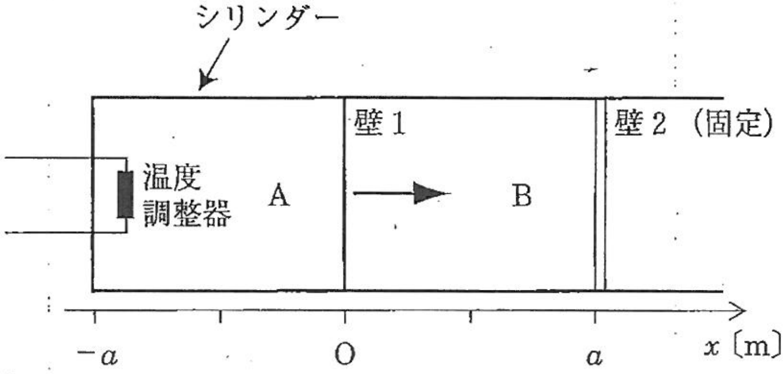

図2

$\boxed{22}$ と $\boxed{23}$ の解答群

① $\dfrac{1}{2}$　② 1　③ $\dfrac{T_2}{2T_0}$　④ $\dfrac{T_2}{T_0}$

⑤ $\dfrac{T_2}{T_0}-\dfrac{1}{2}$　⑥ $\dfrac{T_2}{T_0}-1$　⑦ $\dfrac{T_2}{2T_0}+\dfrac{1}{2}$　⑧ $\dfrac{T_2}{T_0}+1$

⑨ $\dfrac{T_2+T_0}{2(T_2-T_0)}$　⓪ $\dfrac{T_2+T_0}{T_2-T_0}$　ⓐ $\dfrac{T_2-T_0}{2(T_2+T_0)}$　ⓑ $\dfrac{T_2-T_0}{T_2+T_0}$

(3) 図3のように，壁1を原点Oの位置に静止させ，断熱材でできた壁3を $x=a$〔m〕の位置に固定した。壁1と壁3の間の空間Cには，単原子分子の理想気体を封入した。空間Aおよび空間Cの圧力および温度は，シリンダー外部の圧力 p_0〔Pa〕および温度 T_0〔K〕と等しくした。この状態から空間Aの気体に熱をゆっくり加えた。すると，壁1は右側へゆっくりと動き，$x=\dfrac{a}{2}$〔m〕の位置に達した。壁1が $x=\dfrac{a}{2}$〔m〕の位置に達したときの空間Aの気体の温度を T_3〔K〕とすると，空間Aの気体の圧力は $\boxed{24}$ $\times p_0$〔Pa〕である。このとき，空間Cの気体の温度は $\boxed{25}$ $\times T_3$〔K〕である。また，壁1が右方向に移動することで，空間Cの気体がされた仕事は $\left(\boxed{26}\right)\times p_0Sa$〔J〕である。よって，温度が T_0〔K〕から T_3〔K〕に変化する間に気体Aが吸収した熱量は，$\left(\boxed{27}\right)\times p_0Sa$〔J〕である。

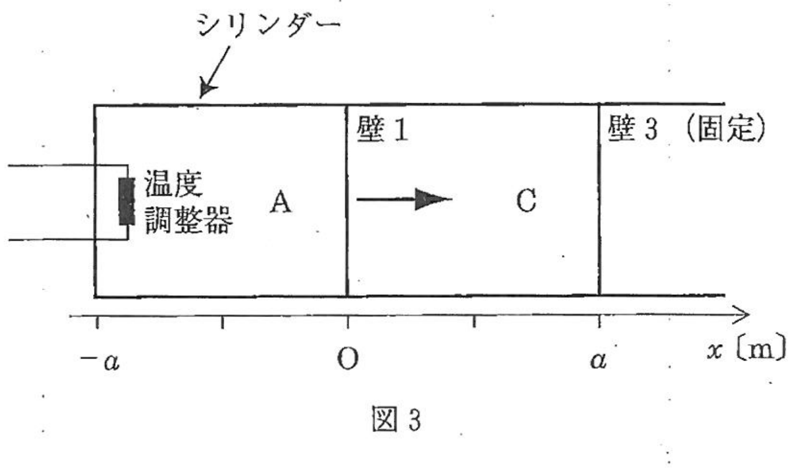

図3

$\boxed{24}$ と $\boxed{25}$ の解答群

① $\frac{1}{3}$　② $\frac{1}{2}$　③ $\frac{2}{3}$　④ 1　⑤ $\frac{3}{2}$

⑥ $\frac{T_3}{3T_0}$　⑦ $\frac{T_3}{2T_0}$　⑧ $\frac{2T_3}{3T_0}$　⑨ $\frac{T_3}{T_0}$　⓪ $\frac{3T_3}{2T_0}$

ⓐ $\frac{T_0}{3T_3}$　ⓑ $\frac{T_0}{2T_3}$　ⓒ $\frac{2T_0}{3T_3}$　ⓓ $\frac{T_0}{T_3}$　ⓔ $\frac{3T_0}{2T_3}$

$\boxed{26}$ と $\boxed{27}$ の解答群

① $\frac{T_3}{2T_0}-\frac{1}{2}$　② $\frac{T_3}{2T_0}-1$　③ $\frac{T_3}{2T_0}-\frac{3}{2}$　④ $\frac{T_3}{2T_0}-2$　⑤ $\frac{T_3}{2T_0}-3$

⑥ $\frac{T_3}{T_0}-\frac{1}{2}$　⑦ $\frac{T_3}{T_0}-1$　⑧ $\frac{T_3}{T_0}-\frac{3}{2}$　⑨ $\frac{T_3}{T_0}-2$　⓪ $\frac{T_3}{T_0}-3$

ⓐ $\frac{2T_3}{T_0}-\frac{1}{2}$　ⓑ $\frac{2T_3}{T_0}-1$　ⓒ $\frac{2T_3}{T_0}-\frac{3}{2}$　ⓓ $\frac{2T_3}{T_0}-2$　ⓔ $\frac{2T_3}{T_0}-3$