理　科　問　題

注　意

1. この問題冊子は44ページあります。解答用紙には，表と裏があります。
2. あなたの受験番号は解答用紙に印刷されています。印刷されている受験番号と，受験票の受験番号が一致していることを確認しなさい。
3. 解答用紙の所定の欄に氏名を記入しなさい。
4. 問題は物理３題(A，B，C)，化学３題(D，E，F)の合計６題からなっています。
5. この６題のうちから３題を任意に選択して解答しなさい。
   ４題以上解答した場合には，すべての解答が無効になります。
6. 解答はすべて解答用紙の所定の欄にマークするか，または所定の欄に書きなさい。
7. １問につき２つ以上マークしないこと。２つ以上マークした場合には，その解答は無効になります。
8. 解答は，必ず鉛筆またはシャープペンシル(いずれもHB・黒)で記入しなさい。
9. 訂正するときは，消しゴムできれいに消し，消しクズを残さないこと。
10. 解答用紙は，絶対に汚したり折り曲げたりしないこと。また，所定の欄以外には絶対に記入しないこと。
11. 解答用紙は必ず提出しなさい。
12. 試験時間は80分です。

※　この問題冊子は必ず持ち帰りなさい。

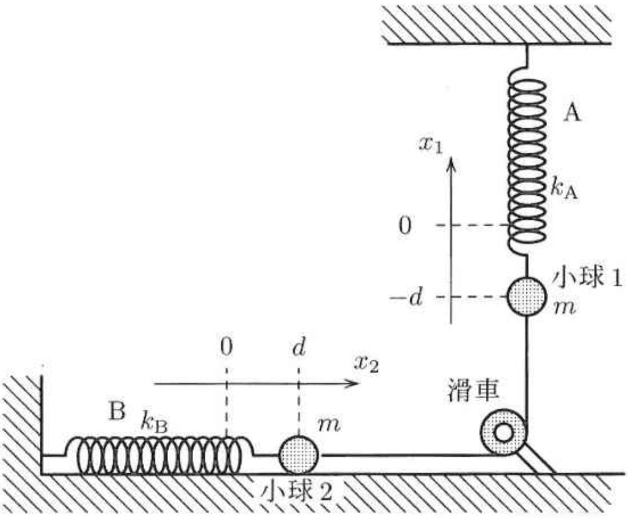
（マーク記入例）

良い例	悪　い　例
	

物　　理

〔A〕　次の文中の $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{ケ}}$ に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び，解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。また，空欄 $\boxed{\text{a}}$ に適する式を解答用紙の所定の欄に記入せよ。重力加速度の大きさを g とする。

ばね定数 k_A の軽いばねAの一端に質量 m の小球1を取り付けて天井からつるしたところ，小球1はばねAが自然の長さから d だけ伸びた位置で静止した。このとき，$d=$ $\boxed{\text{ア}}$ である。次に，図のように，ばね定数 k_B の軽いばねBの一端を左側の壁に取り付け，もう一端に質量 m の小球2を取り付けて，水平方向に d だけ伸ばす。その状態で，二つの小球を滑らかに回る軽い滑車を通して軽い糸でたるまないように連結した。小球1は鉛直方向に，小球2は床の上を水平方向に運動し，小球2と床面のあいだの摩擦は無視できるものとする。



鉛直上向きに x_1 軸を，水平右向きに x_2 軸を取り，ばねの自然の長さの位置をそれぞれの軸の原点に選ぶ。小球1を $x_1=0$ の位置まで持ち上げたときに，小球1を支えるために必要な力の大きさは $\boxed{\text{イ}}$ である。

小球1を $x_1 = 0$ の位置で静かに放すと，糸がたるむことなく二つの小球はそれぞれ単振動を始めた。小球1が x_1 の位置にあるとき，小球2は $x_2 = x_1 + 2d$ の位置にある。このとき，二つの小球の運動エネルギーの和は $\boxed{\text{ウ}}$ のように表される。従って，小球1の最下点は $x_0 = \boxed{\text{エ}}$ であり，小球1は $x_0 \leqq x_1 \leqq 0$ の区間を単振動する。

二つの小球の加速度を a，糸の張力を T とすると，小球1の運動方程式は $ma = \boxed{\text{オ}}$，小球2の運動方程式は $ma = \boxed{\text{カ}}$ となる。これらより，加速度は $a = \boxed{\text{キ}}$，張力は $T = \boxed{\text{ク}}$ のように表される。単振動の周期は $\boxed{\text{a}}$ である。二つのばね定数の比 $\dfrac{k_B}{k_A}$ が $\boxed{\text{ケ}}$ のとき，張力は x_1 や x_2 によらず一定となる。

$\boxed{\text{ア}}$ の解答群

① $\dfrac{mg}{2k_A}$	② $\dfrac{mg}{k_A}$	③ $\dfrac{2mg}{k_A}$
④ $\sqrt{\dfrac{mg}{2k_A}}$	⑤ $\sqrt{\dfrac{mg}{k_A}}$	⑥ $\sqrt{\dfrac{2mg}{k_A}}$

$\boxed{\text{イ}}$ の解答群

① $mg + \dfrac{1}{2}k_B d^2$	② $mg - \dfrac{1}{2}k_B d^2$	③ $mg + k_B d$
④ $mg - k_B d$	⑤ $mg + 2k_B d$	⑥ $mg - 2k_B d$

$\boxed{\text{ウ}}$ の解答群

① $(k_A + k_B)(x_1 + d)x_1$

② $(k_A + k_B)(x_1 + d)d$

③ $\dfrac{1}{2}(k_A + k_B)(x_1 + d)^2$

④ $\dfrac{1}{2}(k_A + k_B)x_1 d$

⑤ $\dfrac{1}{2}(k_A + k_B){x_1}^2 + (k_A + 2k_B)x_1 d$

⑥ $-\dfrac{1}{2}(k_A + k_B){x_1}^2 - (k_A + 2k_B)x_1 d$

$\boxed{\text{エ}}$ の解答群

① $-2d$

② $-2d\dfrac{k_A + k_B}{k_A + 2k_B}$

③ $-2d\dfrac{k_A + 2k_B}{k_A + k_B}$

④ $2d\dfrac{k_B - k_A}{k_A + k_B}$

⑤ $2d\dfrac{k_B - k_A}{k_A + 2k_B}$

⑥ $2d\dfrac{k_B - 2k_A}{k_A + k_B}$

$\boxed{\text{オ}}$ の解答群

① $T - k_A x_1$

② $-T - k_A x_1$

③ $-T - k_A x_1 - mg$

④ $T - k_A x_1 + mg$

⑤ $T + k_A x_1 - mg$

⑥ $-T + k_A x_1 + mg$

$\boxed{\text{カ}}$ の解答群

① $T - k_B x_2$

② $-T - k_B x_2$

③ $T - k_B x_2 + mg$

④ $-T + k_B x_2 - mg$

⑤ $T + k_B x_2 + mg$

⑥ $-T - k_B x_2 - mg$

$\boxed{\text{キ}}$ の解答群

① $-\dfrac{k_A + k_B}{2m}\left(x_1 - \dfrac{x_0}{2}\right)$

② $-\dfrac{k_B - k_A}{2m}\left(x_1 - \dfrac{x_0}{2}\right)$

③ $-\dfrac{k_A + k_B}{2m}(x_1 - x_0)$

④ $-\dfrac{k_B - k_A}{2m}(x_1 - x_0)$

⑤ $-\dfrac{k_A + k_B}{2m}x_1$

⑥ $-\dfrac{k_B - k_A}{2m}x_1$

$\boxed{\text{ク}}$ の解答群

① $(k_{\mathrm{A}} + k_{\mathrm{B}})(x_1 + d)$

② $(k_{\mathrm{B}} - k_{\mathrm{A}})(x_1 + d)$

③ $\dfrac{(k_{\mathrm{A}} + k_{\mathrm{B}})x_1 + (2k_{\mathrm{A}} + k_{\mathrm{B}})d}{2}$

④ $\dfrac{(k_{\mathrm{B}} - k_{\mathrm{A}})x_1 + (2k_{\mathrm{B}} - k_{\mathrm{A}})d}{2}$

⑤ $\dfrac{1}{2}\dfrac{(k_{\mathrm{B}} - k_{\mathrm{A}})^2}{k_{\mathrm{A}} + k_{\mathrm{B}}}d$

⑥ $\dfrac{1}{2}\dfrac{(k_{\mathrm{A}} + k_{\mathrm{B}})^2}{k_{\mathrm{B}} - k_{\mathrm{A}}}d$

$\boxed{\text{ケ}}$ の解答群

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

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

〔B〕 次の文中の $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{キ}}$ に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び，解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。また，空欄 $\boxed{\text{b}}$ に適する式を解答用紙の所定の欄に記入せよ。すべての設問において電子は真空中を移動し，電子の電荷を $-e$〔C〕$(e > 0)$，質量を m〔kg〕，クーロンの法則の比例定数を k〔$\mathrm{N \cdot m^2/C^2}$〕とする。

(1) 図1のように，平行平板電極R，Sを設置し，極板に平行に x 軸，垂直に y 軸をとった。極板の x 軸方向の幅を L〔m〕，極板間隔を d〔m〕とする。極板R，Sにそれぞれ電池の正極と負極を接続して極板間に電圧 V_1〔V〕をかけた結果，極板間にだけ一様な電場（電界）が生じた。電子を x 軸に沿って速さ v_0〔m/s〕で極板間に入射させたところ，電子は x 軸に対して角度 θ_1 で極板間から飛び出した。この場合，極板間にかけた電圧は $V_1 =$ $\boxed{\text{ア}}$ で表される。

次に，電圧 V_1 をかけたまま，さらに磁束密度の大きさ B〔T〕の一様な磁場（磁界）を紙面に垂直に表から裏に向かってかけ，電子を速さ v_0 で x 軸に沿って極板間に入射させた。この場合の極板間を進む電子の速さを v_2〔m/s〕，x 軸に対する角度を θ_2 とすると，電子にはたらく x 軸方向の力は $\boxed{\text{イ}}$〔N〕，y 軸方向の力は $\boxed{\text{ウ}}$〔N〕となる。電子を打ち込むときに磁束密度の大きさを $B_1 =$ $\boxed{\text{エ}}$〔T〕にしておけば，電子は x 軸に沿って進み電場の

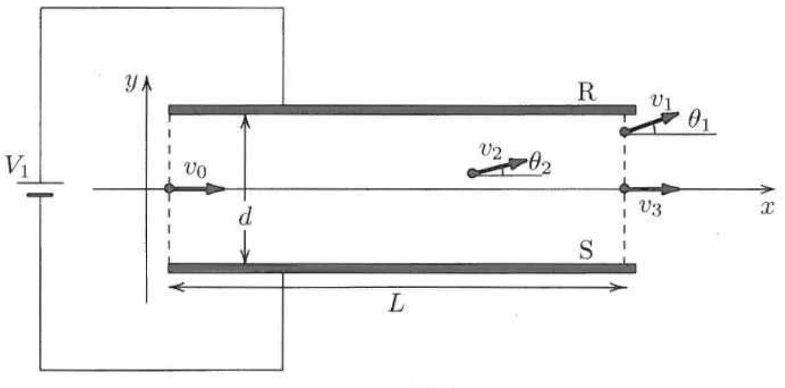


図1

外（極板間の外）に出る。極板間の外では磁束密度 B_1 の一様な磁場だけがかかっているので，速さ v_3〔m/s〕で極板間から飛び出した電子は半径 $\boxed{\quad オ \quad}$〔m〕の円軌道を描く。ただし，電子は xy 平面のみで運動する。

(2)　図2のように，等しい電荷 $-Q$〔C〕($Q > 0$) をもち，距離 $2h$〔m〕だけ離して固定された二つの点電荷の間に電子を打ち込んだ。xy 平面上で二つの点電荷の位置は $(0, h)$ と $(0, -h)$ と表される。電子は電荷からの力のみを受けて x 軸に沿って運動する。点 $\mathrm{P}(-2\sqrt{2}h, 0)$ を電子が速さ v_0〔m/s〕で通過して，さらに原点Oを通過するためには，$v_0 > \boxed{\quad カ \quad}$ でなければならない。電子が原点Oを通過し点 $\mathrm{K}(2\sqrt{2}h, 0)$ に達したとき，電子が二つの点電荷から受ける合力の大きさは $\boxed{\quad \mathsf{b} \quad}$〔N〕である。電子が点Pから点Kに移動するときの電子の位置 x〔m〕に対する速さ v〔m/s〕をグラフに表すと $\boxed{\quad キ \quad}$ のようになる。

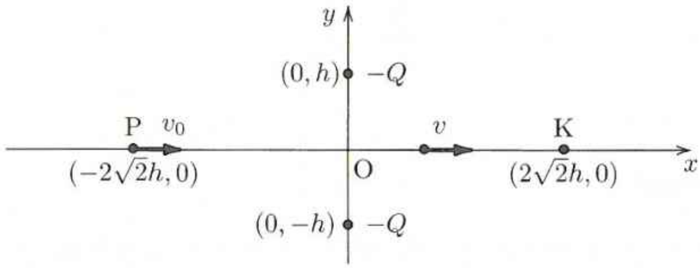


図2

$\boxed{\quad ア \quad}$ の解答群

① $\dfrac{mv_0}{e\cos\theta_1}$　② $\dfrac{mv_0\tan\theta_1}{e}$　③ $\dfrac{m{v_0}^2}{e\cos\theta_1}$　④ $\dfrac{m{v_0}^2\tan\theta_1}{e}$

⑤ $\dfrac{m{v_0}^2}{eL\cos\theta_1}$　⑥ $\dfrac{m{v_0}^2\tan\theta_1}{eL}$　⑦ $\dfrac{dm{v_0}^2}{eL\cos\theta_1}$　⑧ $\dfrac{dm{v_0}^2\tan\theta_1}{eL}$

$\boxed{\text{イ}}$, $\boxed{\text{ウ}}$ の解答群

① $\dfrac{eV_1}{d} - ev_2 B \sin\theta_2$　② $\dfrac{eV_1}{d} - ev_2 B \cos\theta_2$　③ $\dfrac{eV_1}{d} + ev_2 B \sin\theta_2$

④ $\dfrac{eV_1}{d} + ev_2 B \cos\theta_2$　⑤ $ev_2 B \sin\theta_2$　⑥ $ev_2 B \cos\theta_2$

⑦ $-ev_2 B \sin\theta_2$　⑧ $-ev_2 B \cos\theta_2$

$\boxed{\text{エ}}$ の解答群

① $\dfrac{mv_0}{eL}$　② $\dfrac{mv_0}{eV_1}$　③ $\dfrac{eL}{mv_0}$

④ $\dfrac{eV_1}{mv_0}$　⑤ $\dfrac{dv_0}{eV_1}$　⑥ $\dfrac{eV_1}{dv_0}$

⑦ $\dfrac{dv_0}{V_1}$　⑧ $\dfrac{V_1}{dv_0}$

$\boxed{\text{オ}}$ の解答群

① $\dfrac{mv_3}{eB_1}$　② $\dfrac{mv_3}{2eB_1}$　③ $\dfrac{m{v_3}^2}{2eB_1}$

④ $\dfrac{eB_1}{mv_3}$　⑤ $\dfrac{2eB_1}{mv_3}$　⑥ $\dfrac{2eB_1}{m{v_3}^2}$

$\boxed{\text{カ}}$ の解答群

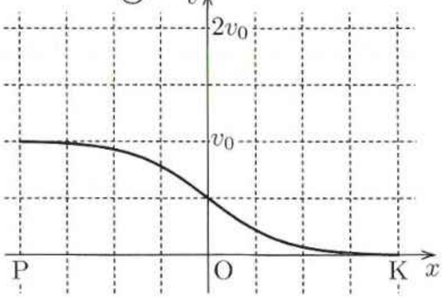
① $\sqrt{\dfrac{keQ}{mh}}$　② $\sqrt{\dfrac{2keQ}{mh}}$　③ $\sqrt{\dfrac{4keQ}{mh}}$

④ $\sqrt{\dfrac{8keQ}{mh}}$　⑤ $\sqrt{\dfrac{keQ}{3mh}}$　⑥ $\sqrt{\dfrac{2keQ}{3mh}}$

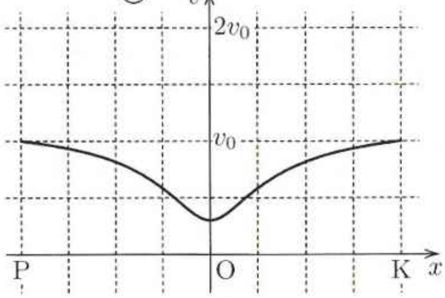
⑦ $\sqrt{\dfrac{4keQ}{3mh}}$　⑧ $\sqrt{\dfrac{8keQ}{3mh}}$

$\boxed{\text{キ}}$ の解答群

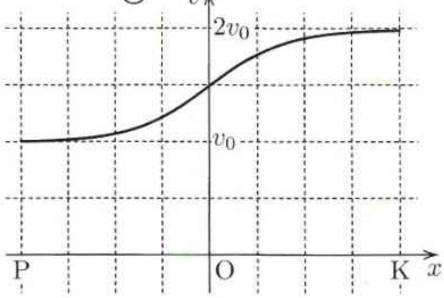
①



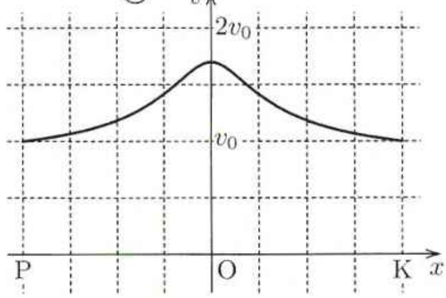
②



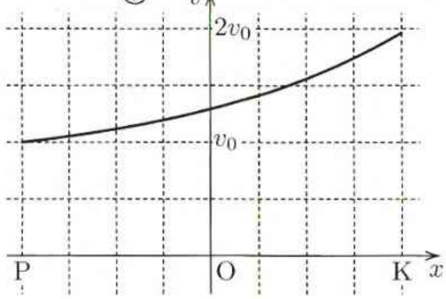
③



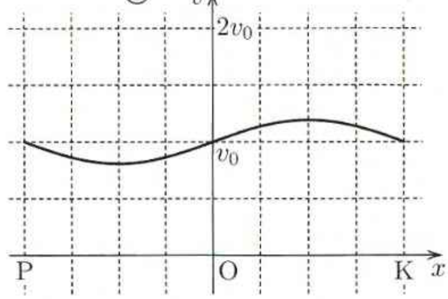
④



⑤



⑥



〔C〕 次の文中の $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{コ}}$ に最も適するものをそれぞれの解答群から一つ選び，解答用紙の所定の欄にその記号をマークせよ。

左端の閉じた断面積 S〔m^2〕のシリンダーに，滑らかに動くピストンがはめてある。シリンダーやピストンは熱を通さず，熱容量は無視できる。以下で扱う過程は十分ゆっくりと行われ，シリンダー内の気体は常に熱平衡にある。気体定数を R〔J/mol·K〕とする。

(1) 図1のように，シリンダー内に定積モル比熱 C〔J/mol·K〕の理想気体が N〔mol〕入っている。ピストンを押して気体を圧縮する過程で，気体の温度がどのように変わるのかを考察しよう。ピストンがシリンダーの左端から l〔m〕の位置にあるときに，温度が T〔K〕であった。このときにピストンにはたらく圧力は $\boxed{\text{ア}}$〔Pa〕である。ピストンの位置を l から $l-\Delta l$ へと微小な長さ Δl〔m〕だけ動かすとき，圧力は変化しないと見なせるので，気体は $\boxed{\text{イ}}$〔J〕の仕事をされる。また，外界との熱のやり取りはないので，温度は $\Delta T = \boxed{\text{ウ}}$〔K〕だけ変化する。

理想気体の断熱圧縮の過程では，a をある定数として，Tl^a が一定に保たれる。微小変化のときには，

$$Tl^a = (T+\Delta T)(l-\Delta l)^a$$

となるので，$\boxed{\text{ウ}}$ と比較すると，$a = \boxed{\text{エ}}$ であることがわかる。必要ならば，$|\varepsilon|$ が1より十分に小さい場合の近似式 $(1-\varepsilon)^x \fallingdotseq 1 - x\varepsilon$ を用いて

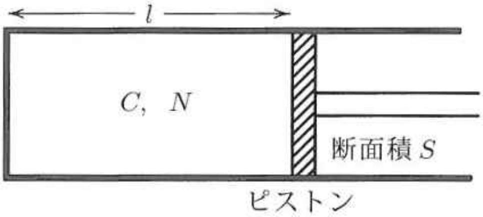


図1

よい。また，$\Delta T \Delta l$ に比例する項は ΔT や Δl のみに比例する項と比べて小さいので無視してよい。

(2)　図2のように，厚さと熱容量の無視できる仕切り壁でシリンダー内をA室とB室に分割し，A室には定積モル比熱 C_A〔J/mol·K〕の理想気体を N_A〔mol〕，B室には定積モル比熱 C_B〔J/mol·K〕の理想気体を N_B〔mol〕入れる。仕切り壁はシリンダー内壁に沿って滑らかに動き，また，熱をよく通すのでA室とB室の気体の温度は常に等しくなる。シリンダーの左端から仕切り壁が l_A〔m〕，ピストンが l〔m〕の位置にあり，気体の温度が T〔K〕であるとき，気体の圧力は $\boxed{\text{オ}}$〔Pa〕となる。この状態から，ピストンの位置を微小な長さ Δl〔m〕だけ左に動かすような圧縮を行うと，仕切り壁の位置は l_A から $\Delta l_A = \boxed{\text{カ}}$〔m〕だけ左に移動する。このとき，A室とB室の気体全体にされる仕事は $\boxed{\text{キ}}$〔J〕であり，A室とB室の温度は $\Delta T = \boxed{\text{ク}}$〔K〕だけ変化する。また，B室からA室に $\boxed{\text{ケ}}$〔J〕の熱が移動する。

この圧縮の過程では，b を定数として Tl^b が一定に保たれる。(1)と同様な考察から $b = \boxed{\text{コ}}$ である。

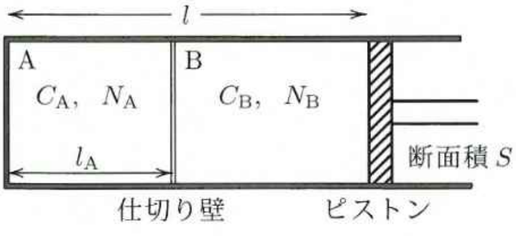


図2

$\boxed{\text{ア}}$ の解答群

① $\dfrac{lSN}{RT}$　② $\dfrac{lS}{NRT}$　③ $\dfrac{NRT}{lS}$　④ $\dfrac{lN}{RT}$

⑤ $\dfrac{l}{NRT}$　⑥ $\dfrac{NRT}{l}$

$\boxed{\text{イ}}$ の解答群

① $\dfrac{SN}{RT}\Delta l$　② $\dfrac{S}{NRT}\Delta l$　③ $\dfrac{NRT}{lS}\Delta l$　④ $\dfrac{N}{RT}\Delta l$

⑤ $\dfrac{1}{NRT}\Delta l$　⑥ $\dfrac{NRT}{l}\Delta l$

$\boxed{\text{ウ}}$ の解答群

① $\dfrac{C}{RT}\Delta l$　② $\dfrac{CN}{RT}\Delta l$　③ $\dfrac{Cl}{RT}\Delta l$　④ $\dfrac{CRT}{l}\Delta l$

⑤ $\dfrac{NRT}{Cl}\Delta l$　⑥ $\dfrac{RT}{Cl}\Delta l$

$\boxed{\text{エ}}$ の解答群

① $\dfrac{R}{C}$　② $\dfrac{C}{R}$　③ $\dfrac{NR}{C}$　④ $\dfrac{R}{CN}$

⑤ $\dfrac{CN}{R}$　⑥ $\dfrac{N}{CR}$

$\boxed{\text{オ}}$ の解答群

① $\dfrac{N_A RT}{lS}$　　② $\dfrac{(N_A + N_B)RT}{lS}$

③ $\dfrac{\{N_A l_A + N_B(l - l_A)\}RT}{l^2 S}$　　④ $\dfrac{N_A N_B RT}{(N_A + N_B)lS}$

⑤ $\dfrac{(C_A N_A + C_B N_B)RT}{lS}$　　⑥ $\dfrac{(N_A + N_B)RT}{(C_A N_A + C_B N_B)lS}$

$\boxed{\text{カ}}$ の解答群

① $\dfrac{N_A}{N_A + N_B}\Delta l$　　② $\dfrac{N_B}{N_A + N_B}\Delta l$　　③ $\dfrac{N_A - N_B}{N_A + N_B}\Delta l$

④ $\dfrac{C_A N_A}{C_A N_A + C_B N_B}\Delta l$　　⑤ $\dfrac{C_B N_B}{C_A N_A + C_B N_B}\Delta l$　　⑥ $\dfrac{C_A N_A - C_B N_B}{C_A N_A + C_B N_B}\Delta l$

$\boxed{\text{キ}}$ の解答群

① $\dfrac{N_A RT}{l}\Delta l$　　② $\dfrac{(N_A + N_B)RT}{l}\Delta l$

③ $\dfrac{N_A N_B RT}{(N_A + N_B)l}\Delta l$　　④ $\dfrac{C_A N_A RT}{l}\Delta l$

⑤ $\dfrac{(C_A N_A + C_B N_B)RT}{(N_A + N_B)l}\Delta l$　　⑥ $\dfrac{(N_A + N_B)RT}{(C_A N_A + C_B N_B)l}\Delta l$

$\boxed{\text{ク}}$ の解答群

① $\dfrac{N_A RT}{(C_A N_A + C_B N_B)l}\Delta l$　　② $\dfrac{N_B RT}{(C_A N_A + C_B N_B)l}\Delta l$

③ $\dfrac{C_A N_A RT}{(N_A + N_B)l}\Delta l$　　④ $\dfrac{C_B N_B RT}{(N_A + N_B)l}\Delta l$

⑤ $\dfrac{(N_A + N_B)RT}{(C_A N_A + C_B N_B)l}\Delta l$　　⑥ $\dfrac{(C_A + C_B)RT}{(N_A + N_B)l}\Delta l$

$\boxed{\text{ケ}}$ の解答群

① $(C_A N_A - C_B N_B)\Delta T$　　② $\dfrac{(C_A - C_B)(N_A + N_B)}{2}\Delta T$

③ $\dfrac{(C_A + C_B)(N_A - N_B)}{2}\Delta T$　　④ $\dfrac{(C_A - C_B)N_A N_B}{N_A + N_B}\Delta T$

⑤ $\dfrac{C_A N_A - C_B N_B}{C_A N_A + C_B N_B}\Delta T$　　⑥ $\dfrac{(C_A N_A - C_B N_B)N_A N_B}{N_A + N_B}\Delta T$

$\boxed{\text{コ}}$ の解答群

① $\dfrac{C_A N_A R}{N_A + N_B}$　　② $\dfrac{C_A N_A + C_B N_B}{(N_A + N_B)R}$

③ $\dfrac{(N_A + N_B)R}{C_A N_A + C_B N_B}$　　④ $\dfrac{(C_A N_A + C_B N_B)R}{N_A + N_B}$

⑤ $\dfrac{N_A + N_B}{(C_A N_A + C_B N_B)R}$　　⑥ $\dfrac{C_A + C_B}{(N_A + N_B)R}$