に

世界史B，日本史B，地理B，政治・経済
物理，化学，生物　問題

はじめに，これを読みなさい。

1. この問題冊子は 125 ページある。ただし，**ページ番号のない白紙はページ数に含まない。**各科目のページ数は以下のとおりである。必要な科目を選択して解答すること。

世界史B	1ページから 17 ページ
日本史B	18 ページから 30 ページ
地理B	31 ページから 57 ページ
政治・経済	58 ページから 74 ページ
物理	75 ページから 86 ページ
化学	87 ページから 106 ページ
生物	107 ページから 125 ページ

2. 解答用紙に印刷されている受験番号が正しいかどうか，受験票と照合して，確認すること。
3. 問題文の中で，国名，地域名，企業名については略称，通称も用いている。
4. 監督者の指示にしたがい，解答用紙の氏名欄に氏名を記入すること。次に「解答科目マーク欄」にマークし，「解答科目名記入欄」に解答する科目名を記入すること。マークされていない場合，または複数の科目にマークされている場合は，0点とする。
5. 解答は，すべて解答用紙の解答欄にマークすること。所定欄以外のところには何も記入しないこと。
6. 1つの解答欄に，2つ以上マークしないこと。
7. 解答は，必ず鉛筆またはシャープペンシル(いずれも HB・黒)で記入のこと。
8. 訂正する場合は，消しゴムできれいに消し，消しくずを残さないこと。
9. 解答用紙は，絶対に汚したり折り曲げたりしないこと。
10. **解答用紙はすべて回収するので，**持ち帰らず，必ず提出すること。ただし，この問題冊子は，必ず持ち帰ること。
11. 試験時間は，60 分である。
12. マーク記入例

良い例	悪い例
	

物　　　　理

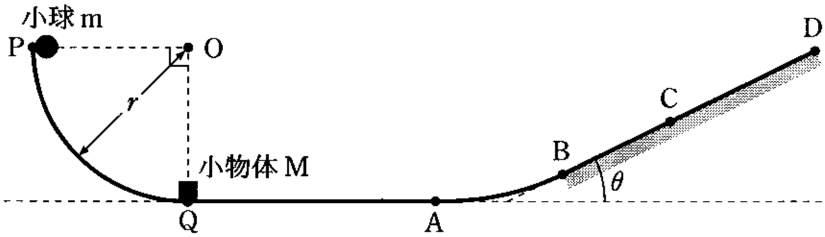
（解答番号　1 ～19）

物理の問題は全部で3題あります。

すべての問題を解答しなさい。

〔Ⅰ〕 次の文中の $\boxed{\quad 1 \quad}$ から $\boxed{\quad 6 \quad}$ 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。

図のように，円筒面PQ，水平面QA，曲面AB，水平面とのなす角 θ の斜面BCDがあり，それぞれ，なめらかに接続している。曲線PQは，O点を中心とする半径 r の円弧をなしており，∠POQと∠OQAは直角である。点O，P，Q，A，B，C，Dは，すべて紙面を含む鉛直面内にある。Q点には，質量 M の小物体Mが置かれている。P点に質量 m の小球mを置いてそっと手を放したところ，Q点で水平に小物体Mと衝突した。衝突後，小球mは円筒面PQに沿ってP点の方向にはね返された。円筒面PQ，水平面QA，曲面ABはなめらかで，小球mや小物体Mとの間の摩擦はない。一方，斜面BCDはあらく，小物体Mとの間の動摩擦係数は μ である。また，小球mと小物体Mの間の反発係数(はね返り係数)を e，重力加速度の大きさを g とする。なお，小球mや小物体Mは紙面を含む鉛直面内を運動するものとし，小球mや小物体Mの大きさは無視できるものとする。



衝突の直後，小物体 M は，速さ $V =$ $\boxed{\quad 1 \quad}$ で水平面上を右方向に運動し始め，B 点を通過したときから時間 t 後にあらい斜面上の C 点で停止し，そこにとどまった。このことから，小物体 M が B 点を通過するときの速さは $\boxed{\quad 2 \quad}$ であり，B 点から C 点までの距離 L は，$L =$ $\boxed{\quad 3 \quad}$ となる。摩擦力がした仕事の大きさは，小物体 M が失った力学的エネルギーに等しいので，C 点の水平面からの高さ H は，$H =$ $\boxed{\quad 4 \quad}$ と求められる。

一方，衝突後 P 点の方向にはね返された小球 m は，水平面からの高さ h が，$h =$ $\boxed{\quad 5 \quad}$ の点まで円筒面 PQ に沿って上った。その後，運動方向を反転して円筒面 PQ，水平面 QA 上を滑り，曲面 AB の方向へ運動した。しかし，B 点に到達することなく，曲面 AB の途中で運動方向を反転し，往復運動をくり返した。このようなことが起こるためには，$\boxed{\quad 6 \quad}$ でなければならない。なお，小球 m が小物体 M と再度衝突することはない。

$\boxed{\quad 1 \quad}$ の解答群

Ⓐ $\sqrt{2gr}\sqrt{\dfrac{(1+e)m}{m+M}}$　　Ⓑ $\sqrt{2gr}\dfrac{(1+e)m}{m+M}$

Ⓒ $\sqrt{2gr}\left\{\dfrac{(1+e)m}{m+M}\right\}^2$　　Ⓓ $\sqrt{2gr}\sqrt{\dfrac{eM-m}{m+M}}$

Ⓔ $\sqrt{2gr}\dfrac{eM-m}{m+M}$　　Ⓕ $\sqrt{2gr}\left(\dfrac{eM-m}{m+M}\right)^2$

$\boxed{\quad 2 \quad}$ の解答群

Ⓐ $(\mu\cos\theta + \sin\theta)gt$　　Ⓑ $(\mu\sin\theta + \cos\theta)gt$

Ⓒ $(\mu\cos\theta - \sin\theta)gt$　　Ⓓ $(\mu\sin\theta - \cos\theta)gt$

Ⓔ $\dfrac{gt}{(\mu\cos\theta + \sin\theta)}$　　Ⓕ $\dfrac{gt}{(\mu\sin\theta + \cos\theta)}$

Ⓖ $\dfrac{gt}{(\mu\cos\theta - \sin\theta)}$　　Ⓗ $\dfrac{gt}{(\mu\sin\theta - \cos\theta)}$

物理

$\boxed{\quad 3 \quad}$ の解答群

Ⓐ $(\mu\cos\theta + \sin\theta)gt^2$

Ⓑ $(\mu\sin\theta + \cos\theta)gt^2$

Ⓒ $(\mu\cos\theta - \sin\theta)gt^2$

Ⓓ $(\mu\sin\theta - \cos\theta)gt^2$

Ⓔ $\frac{1}{2}(\mu\cos\theta + \sin\theta)gt^2$

Ⓕ $\frac{1}{2}(\mu\sin\theta + \cos\theta)gt^2$

Ⓖ $\frac{1}{2}(\mu\cos\theta - \sin\theta)gt^2$

Ⓗ $\frac{1}{2}(\mu\sin\theta - \cos\theta)gt^2$

$\boxed{\quad 4 \quad}$ の解答群

Ⓐ $\frac{V^2}{2g} + \frac{1}{2}L\mu\sin\theta$

Ⓑ $\frac{V^2}{2g} + \frac{1}{2}L\mu\cos\theta$

Ⓒ $\frac{V^2}{2g} - \frac{1}{2}L\mu\sin\theta$

Ⓓ $\frac{V^2}{2g} - \frac{1}{2}L\mu\cos\theta$

Ⓔ $\frac{V^2}{2g} + L\mu\sin\theta$

Ⓕ $\frac{V^2}{2g} + L\mu\cos\theta$

Ⓖ $\frac{V^2}{2g} - L\mu\sin\theta$

Ⓗ $\frac{V^2}{2g} - L\mu\cos\theta$

$\boxed{\quad 5 \quad}$ の解答群

Ⓐ $r\sqrt{\frac{(1+e)m}{m+M}}$

Ⓑ $r\frac{(1+e)m}{m+M}$

Ⓒ $r\left\{\frac{(1+e)m}{m+M}\right\}^2$

Ⓓ $r\sqrt{\frac{eM-m}{m+M}}$

Ⓔ $r\frac{eM-m}{m+M}$

Ⓕ $r\left(\frac{eM-m}{m+M}\right)^2$

$\boxed{\quad 6 \quad}$ の解答群

Ⓐ $h < H - L\cos\theta$

Ⓑ $h < H - L\sin\theta$

Ⓒ $h < H - L\tan\theta$

Ⓓ $h < H + L\cos\theta$

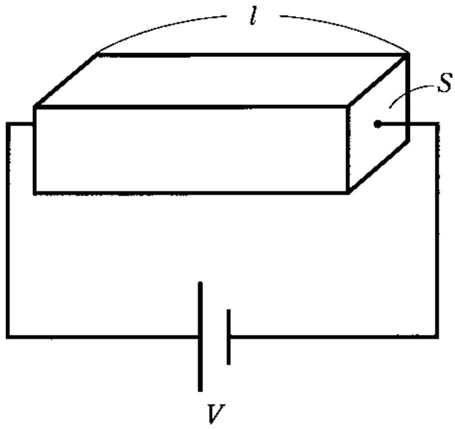
Ⓔ $h < H + L\sin\theta$

Ⓕ $h < H + L\tan\theta$

（このページは，計算に使用してよい。）

〔Ⅱ〕 次の文中の $\boxed{\quad 7 \quad}$ から $\boxed{\quad 12 \quad}$ 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。

図のように，長さ l〔m〕，断面積 S〔m^2〕の直方体の形をした金属棒の両端に電圧 V〔V〕を加えた場合の電流について考える。金属棒の単位体積あたりの自由電子の個数を n〔個/m^3〕，電子が持つ電気量を $-e$〔C〕($e>0$)，電子の質量を m〔kg〕とする。



金属棒中の自由電子は，電圧 V〔V〕により発生する一様な電界(電場)から大きさ $f=$ $\boxed{\quad 7 \quad}$ 〔N〕の力を受け加速される。このままでは電子の速さは増大し続ける。しかし，実際には電子は熱振動する金属イオンと不規則に衝突を繰り返す。この効果を十分長い時間で平均すると，電子は一定の速さ $\bar{v}=\dfrac{ft_0}{m}$〔m/s〕で金属棒の長さ方向に運動するとみなすことができる。ここで，t_0〔s〕は，ある1つの衝突から次の衝突が起こるまでの平均の時間で，平均自由時間といわれる。

すべての自由電子が速さ $\bar{v}$〔m/s〕で運動するものとすると，金属棒の長さ方向に垂直なある断面を1秒間に通過する電子の総数は，$\boxed{\quad 8 \quad}$ 〔個/s〕である。したがって，金属棒を流れる電流の大きさ I〔A〕は，$I=$ $\boxed{\quad 9 \quad}$ $\times V$ と表すことができる。これが，電流と電圧が比例するというオームの法則である。

次に，金属棒の発熱を自由電子の運動から考える。電子は電界から受ける力により仕事をされるが，平均として一定の速さ $\bar{v}$ で運動しているとみなせるので，

された仕事はすべて金属イオンに与えられ熱に変わることになる。よって，1秒間で金属棒に生じる発熱量 Q〔J/s〕は，$Q =$ 10 である。

金属棒内での発熱量が金属棒の表面からの放熱量よりも大きい場合には，金属棒の温度は上昇する。あまり広くない温度範囲では，0℃と T〔℃〕のときの金属棒の抵抗率を，それぞれ，ρ_0〔Ω·m〕と ρ〔Ω·m〕とすると，$\rho = \rho_0(1 + \alpha T)$ と表すことができる。ここで，α は，温度上昇1K当たりの抵抗率の増加を表す正の定数である。 9 の式を利用して平均自由時間 t_0〔s〕を温度 T〔℃〕で表すと，$t_0 =$ 11 となる。これは，温度が上昇すると金属イオンの熱振動の振幅が大きくなり，自由電子が金属イオンと衝突する頻度が 12 ことを示している。

7 の解答群

Ⓐ $\frac{V}{l}$　Ⓑ $\frac{e}{l}$　Ⓒ $\frac{eV}{l}$　Ⓓ $\frac{el}{V}$

Ⓔ $\frac{l}{V}$　Ⓕ $\frac{e}{V}$　Ⓖ eV　Ⓗ eVl

8 の解答群

Ⓐ $\frac{n}{S}$　Ⓑ $\frac{n}{Sl}$　Ⓒ $\frac{n\bar{v}}{S}$　Ⓓ $\frac{n\bar{v}}{Sl}$

Ⓔ nS　Ⓕ nSl　Ⓖ $nS\bar{v}$　Ⓗ $nSl\bar{v}$

9 の解答群

Ⓐ $\frac{nSet_0}{ml}$　Ⓑ $\frac{nSet_0}{l}$　Ⓒ $\frac{nSet_0}{m}$　Ⓓ $\frac{nSe}{ml}$

Ⓔ $\frac{nSe^2t_0}{ml}$　Ⓕ $\frac{nSe^2t_0}{l}$　Ⓖ $\frac{nSe^2t_0}{m}$　Ⓗ $\frac{nSe^2}{ml}$

$\boxed{10}$ の解答群

Ⓐ $\dfrac{nS\bar{v}eV}{l}$　Ⓑ $\dfrac{nSeV}{l}$　Ⓒ $\dfrac{nS\bar{v}V}{l}$

Ⓓ $nS\bar{v}eV$　Ⓔ $nSeV$　Ⓕ $nS\bar{v}V$

Ⓖ $nSl\bar{v}eV$　Ⓗ $nSleV$　Ⓘ $nSl\bar{v}V$

$\boxed{11}$ の解答群

Ⓐ $\dfrac{ml}{ne^2\rho_0(1 + \alpha T)}$　Ⓑ $\dfrac{m}{ne^2\rho_0(1 + \alpha T)}$　Ⓒ $\dfrac{ml}{ne^2S\rho_0(1 + \alpha T)}$

Ⓓ $\dfrac{m}{ne^2S\rho_0(1 + \alpha T)}$　Ⓔ $\dfrac{ne^2\rho_0(1 + \alpha T)}{ml}$　Ⓕ $\dfrac{ne^2\rho_0(1 + \alpha T)}{m}$

Ⓖ $\dfrac{ne^2S\rho_0(1 + \alpha T)}{ml}$　Ⓗ $\dfrac{ne^2S\rho_0(1 + \alpha T)}{m}$

$\boxed{12}$ の解答群

Ⓐ 増大して，t_0 が短くなる

Ⓑ 減少して，t_0 が短くなる

Ⓒ 増大して，t_0 が長くなる

Ⓓ 減少して，t_0 が長くなる

（このページは，計算に使用してよい。）

〔Ⅲ〕 次の文中の $\boxed{\ 13\ }$ から $\boxed{\ 19\ }$ 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。

単原子分子の理想気体 n〔mol〕に，図のサイクルⅠ(a→b→c→d→a)を行わせる。過程 a→b と過程 c→d は断熱変化で，過程 b→c と過程 d→a は等積変化である。状態 a，b，c，d の絶対温度 T〔K〕をそれぞれ T_a，T_b，T_c，T_d と表し，各状態の圧力 p〔Pa〕と体積 V〔m^3〕は図のように表す。V_a と V_b の比(圧縮比)を $\dfrac{V_a}{V_b} = \beta$ とする。

n〔mol〕の単原子分子の理想気体において，絶対温度 T〔K〕のときの内部エネルギー U〔J〕は，気体定数を R〔J/(mol·K)〕として式(1)で表される。

$$U = \frac{3}{2}nRT \qquad (1)$$

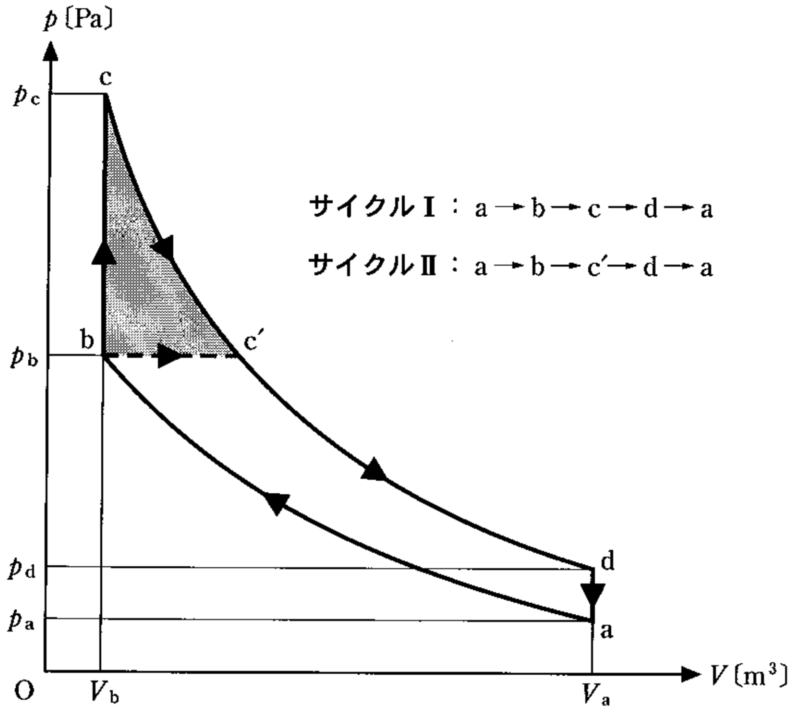
また，断熱変化では p と V の間に式(2)の関係が成り立つものとする。

$$pV^{\frac{5}{3}} = 一定 \qquad (2)$$

熱機関の熱効率 e は，1サイクルで気体が外部からされた仕事 W〔J〕，外部にした仕事 W'〔J〕，気体が外部から吸収した熱量 $Q^{吸熱}$〔J〕，外部に放出した熱量 $Q^{放熱}$〔J〕を用いて式(3)で与えられる。

$$e = \frac{W' - W}{Q^{吸熱}} = \frac{Q^{吸熱} - Q^{放熱}}{Q^{吸熱}} \qquad (3)$$

過程 a→b で，U は式(1)より温度に比例して増加する。その増加分は気体がされた仕事 W_{ab}〔J〕に等しく，$W_{ab} = \boxed{\ 13\ }$ である。理想気体の状態方程式を用いて式(2)を T と V の関係に変換すると，$\boxed{\ 14\ }$ となる。この関係を利用して，T_b を用いて T_a を表せば $W_{ab} = \boxed{\ 15\ } \times T_b$ となる。また，過程 c→d で気体が外部にした仕事 W'_{cd}〔J〕を計算し，T_c を用いて T_d を表せば $W'_{cd} = \boxed{\ 15\ } \times T_c$ となり，W_{ab} のときと同じ係数が現れる。一方，過程 b→c で気体が吸収した熱量 Q_{bc}〔J〕は，$Q_{bc} = \boxed{\ 16\ }$ である。したがって，式(3)よりサイクルⅠの熱効率 $e_Ⅰ$ は $\boxed{\ 17\ }$ となり，圧縮比 β が大きいほど熱効率は良い。



次に，単原子分子の理想気体 n〔mol〕に，図のサイクルⅡ(a→b→c′→d→a)を行わせる。過程 b→c′ は定圧変化である。サイクルⅠとⅡの違いは，図の灰色の部分に現れる。過程 c→c′ と過程 b→c′ で気体が外部にした仕事を，それぞれ，$W'_{cc'}$〔J〕と $W'_{bc'}$〔J〕とし，過程 b→c′ で気体が吸収した熱量を $Q_{bc'}$〔J〕とする。状態が b から c′ に変化したときの U の増加を，サイクルⅠの過程 b→c→c′ の場合には ΔU_{I}〔J〕とおき，サイクルⅡの過程 b→c′ の場合には ΔU_{II}〔J〕とおけば，それぞれ，$\Delta U_{\mathrm{I}} = Q_{bc} - W'_{cc'}$，$\Delta U_{\mathrm{II}} = Q_{bc'} - W'_{bc'}$ の関係が成り立つ。したがって，$\boxed{18}$ という結果が得られる。

最後に，サイクルⅠとⅡの熱効率 e_{I} と e_{II} を比較しよう。サイクルⅠの１サイクルあたりの吸熱量と放熱量を，それぞれ，$Q_{\mathrm{I}}^{吸熱}$〔J〕と $Q_{\mathrm{I}}^{放熱}$〔J〕とおき，サイクルⅡのそれらを $Q_{\mathrm{II}}^{吸熱}$〔J〕と $Q_{\mathrm{II}}^{放熱}$〔J〕とおく。このとき，式(3)によれば，

$\boxed{19}$ である。

$\boxed{13}$ の解答群

Ⓐ $\frac{3}{2}nR(T_b^2+T_a^2)$　Ⓑ $p_bV_b-p_aV_a$

Ⓒ $\frac{3}{2}nR(T_b+T_a)$　Ⓓ $\frac{3}{2}nRT_b$

Ⓔ $\frac{3}{2}nR(T_b^2-T_a^2)$　Ⓕ $(p_b-p_a)(V_b-V_a)$

Ⓖ $\frac{3}{2}nR(T_b-T_a)$　Ⓗ $\frac{3}{2}nRT_a$

$\boxed{14}$ の解答群

Ⓐ $TV^{\frac{3}{4}}=$一定　Ⓑ $TV^{\frac{3}{2}}=$一定　Ⓒ $TV^{\frac{5}{3}}=$一定

Ⓓ $TV^{\frac{2}{3}}=$一定　Ⓔ $TV^{-\frac{3}{4}}=$一定　Ⓕ $TV^{-\frac{3}{2}}=$一定

Ⓖ $TV^{-\frac{5}{3}}=$一定　Ⓗ $TV^{-\frac{2}{3}}=$一定

$\boxed{15}$ の解答群

Ⓐ $\frac{3}{2}nR(1-\beta^{-\frac{4}{3}})$　Ⓑ $\frac{3}{2}nR(1-\beta^{-\frac{2}{3}})$

Ⓒ $\frac{3}{2}nR(1+\beta^{-\frac{2}{3}})$　Ⓓ $\frac{3}{5}nR(1-\beta^{-\frac{3}{5}})$

Ⓔ $\frac{4}{3}nR(1-\beta^{-\frac{3}{4}})$　Ⓕ $\frac{3}{2}nR(\beta^{-\frac{4}{3}}-1)$

Ⓖ $\frac{3}{2}nR(\beta^{-\frac{2}{3}}-1)$　Ⓗ $-\frac{3}{2}nR(1+\beta^{-\frac{2}{3}})$

Ⓘ $\frac{3}{5}nR(\beta^{-\frac{3}{5}}-1)$　Ⓙ $\frac{4}{3}nR(\beta^{-\frac{3}{4}}-1)$

$\boxed{16}$ の解答群

Ⓐ $\frac{3}{2}nR(T_b^2-T_c^2)$　Ⓑ $\frac{3}{2}nR(T_b-T_c)$　Ⓒ $(p_b-p_c)V_b$

Ⓓ $\frac{3}{2}nR(T_c+T_b)$　Ⓔ $\frac{3}{2}nR(T_c^2-T_b^2)$　Ⓕ $\frac{3}{2}nR(T_c-T_b)$

Ⓖ $(p_c-p_b)V_b$　Ⓗ $\frac{3}{2}nR(T_c^2+T_b^2)$

$\boxed{17}$ の解答群

Ⓐ $\beta^{\frac{5}{3}}-1$　Ⓑ $\beta^{\frac{4}{3}}-1$　Ⓒ $\beta^{\frac{3}{4}}-1$　Ⓓ $\beta^{\frac{2}{3}}-1$

Ⓔ $1-\beta^{-\frac{5}{3}}$　Ⓕ $1-\beta^{-\frac{4}{3}}$　Ⓖ $1-\beta^{-\frac{3}{4}}$　Ⓗ $1-\beta^{-\frac{2}{3}}$

$\boxed{18}$ の解答群

Ⓐ $\Delta U_{\mathrm{I}}=\Delta U_{\mathrm{II}}$ かつ図より $W'_{\mathrm{cc'}}=W'_{\mathrm{bc'}}$ なので，$Q_{\mathrm{bc}}=Q_{\mathrm{bc'}}$

Ⓑ $\Delta U_{\mathrm{I}}=\Delta U_{\mathrm{II}}$ かつ図より $W'_{\mathrm{cc'}}<W'_{\mathrm{bc'}}$ なので，$Q_{\mathrm{bc}}<Q_{\mathrm{bc'}}$

Ⓒ $\Delta U_{\mathrm{I}}=\Delta U_{\mathrm{II}}$ かつ図より $W'_{\mathrm{cc'}}>W'_{\mathrm{bc'}}$ なので，$Q_{\mathrm{bc}}>Q_{\mathrm{bc'}}$

Ⓓ $\Delta U_{\mathrm{I}}>\Delta U_{\mathrm{II}}$ かつ図より $W'_{\mathrm{cc'}}=W'_{\mathrm{bc'}}$ なので，$Q_{\mathrm{bc}}>Q_{\mathrm{bc'}}$

Ⓔ $\Delta U_{\mathrm{I}}>\Delta U_{\mathrm{II}}$ かつ図より $W'_{\mathrm{cc'}}>W'_{\mathrm{bc'}}$ なので，$Q_{\mathrm{bc}}>Q_{\mathrm{bc'}}$

Ⓕ $\Delta U_{\mathrm{I}}<\Delta U_{\mathrm{II}}$ かつ図より $W'_{\mathrm{cc'}}=W'_{\mathrm{bc'}}$ なので，$Q_{\mathrm{bc}}<Q_{\mathrm{bc'}}$

Ⓖ $\Delta U_{\mathrm{I}}<\Delta U_{\mathrm{II}}$ かつ図より $W'_{\mathrm{cc'}}<W'_{\mathrm{bc'}}$ なので，$Q_{\mathrm{bc}}<Q_{\mathrm{bc'}}$

$\boxed{19}$ の解答群

Ⓐ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{吸熱}}>Q_{\mathrm{II}}^{\text{吸熱}}$ かつ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{放熱}}>Q_{\mathrm{II}}^{\text{放熱}}$ なので，$e_{\mathrm{I}}>e_{\mathrm{II}}$

Ⓑ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{吸熱}}>Q_{\mathrm{II}}^{\text{吸熱}}$ かつ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{放熱}}=Q_{\mathrm{II}}^{\text{放熱}}$ なので，$e_{\mathrm{I}}>e_{\mathrm{II}}$

Ⓒ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{吸熱}}>Q_{\mathrm{II}}^{\text{吸熱}}$ かつ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{放熱}}<Q_{\mathrm{II}}^{\text{放熱}}$ なので，$e_{\mathrm{I}}>e_{\mathrm{II}}$

Ⓓ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{吸熱}}<Q_{\mathrm{II}}^{\text{吸熱}}$ かつ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{放熱}}>Q_{\mathrm{II}}^{\text{放熱}}$ なので，$e_{\mathrm{I}}<e_{\mathrm{II}}$

Ⓔ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{吸熱}}<Q_{\mathrm{II}}^{\text{吸熱}}$ かつ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{放熱}}=Q_{\mathrm{II}}^{\text{放熱}}$ なので，$e_{\mathrm{I}}<e_{\mathrm{II}}$

Ⓕ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{吸熱}}<Q_{\mathrm{II}}^{\text{吸熱}}$ かつ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{放熱}}<Q_{\mathrm{II}}^{\text{放熱}}$ なので，$e_{\mathrm{I}}<e_{\mathrm{II}}$

Ⓖ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{吸熱}}=Q_{\mathrm{II}}^{\text{吸熱}}$ かつ $Q_{\mathrm{I}}^{\text{放熱}}=Q_{\mathrm{II}}^{\text{放熱}}$ なので，$e_{\mathrm{I}}=e_{\mathrm{II}}$