九州大学　医学部 歯学部

平成31年度入学試験問題

理　科

（注　意　事　項）

1. 問題冊子は指示があるまで開かないこと。
2. 届け出た選択科目以外は解答してはならない。
3. 問題冊子のページ及び解答紙は次のとおりである。「始め」の合図があったら届け出た選択科目についてそれぞれを確認すること。

	問題冊子	解答紙	
科目	ページ	解答紙番号	枚数
物理基礎・物理	1 ～ 16	32 ～ 34	3
化学基礎・化学	17 ～ 34	35 ～ 39	5
生物基礎・生物	35 ～ 50	40 ～ 44	5
地学基礎・地学	51 ～ 58	45 ～ 48	4

4. 各解答紙の2箇所に受験番号を記入すること。
5. 解答はすべて解答紙の所定の欄に記入すること。
6. 計算その他を試みる場合は，解答紙の裏又は問題冊子の余白を利用すること。
7. この教科は，2科目250点満点（1科目125点満点）です。なお，医学部保健学科（看護学専攻）については，2科目100点満点に換算します。

九州大学

問　題　訂　正

<table>
<tr><td colspan="3">理　科（物理基礎・物理）</td></tr>
<tr><td rowspan="3">訂正</td><td colspan="2">１０ページ〔２〕問３の問題文４行目を訂正する。</td></tr>
<tr><td>正</td><td>・・・θ〔rad〕（$\underline{0 \leqq \theta \leqq \pi}$ にとる）・・・</td></tr>
<tr><td>誤</td><td>・・・θ〔rad〕（$\underline{0 \leq \theta \leq \pi}$ にとる）・・・</td></tr>
</table>

物　理　基　礎・物　理

〔１〕 以下の問いに答えよ。(45 点)

図１のような，自転車とそれに乗った運転者を考える。両者をあわせて一体と考え，自転車・運転者とよぼう。運転者はじっと動かず，水平の路面を慣性でまっすぐ進んでいるとする。

この自転車・運転者全体の質量を M，重心 G は前輪と後輪のまんなかで高さ H のところにあるとする。前輪と後輪の中心の間隔を L とする。また，車輪は軽く，その回転が運動に与える影響は無視できるとする。

まず，前輪のみにブレーキをかけた場合を考える。すると図１に示すように，前輪のタイヤには，路面から，路面と平行な摩擦力がはたらく。その大きさを F とする。以下では，ブレーキをかけたほうのタイヤのみに摩擦力がはたらき，ブレーキによって生じる摩擦以外の摩擦や空気抵抗は無視できるとする。

(1) ブレーキをかける前の自転車の速さを V として，停止するまでに進む距離を求めよ。ただし，F は一定とする。

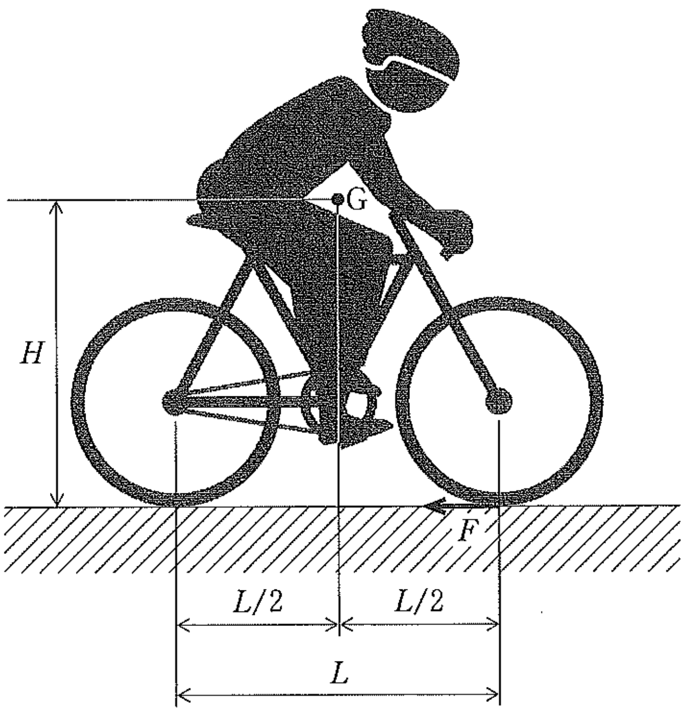


図１：自転車・運転者

自転車の加速度を $-a(a>0)$ とし，自転車とともに運動する観測者を考える。この観測者から見ると自転車・運転者は静止しており，慣性力が外力とつりあっている。外力としては，前輪が受ける摩擦力(大きさ F)，前輪および後輪が路面から受ける垂直抗力(それぞれ，大きさ N_F および N_R)，および重力の4つあり，それらが満たす関係式を求めたい。重力加速度の大きさを g として，以下の問いに答えよ。

(2) 摩擦力以外の3つの外力とこの観測者から見た慣性力について，その向きと大きさを，矢印の向きとおおよその長さで，解答欄の図中に示せ。ただし，矢印の始点はそれぞれの力の作用点とせよ。

(3) 前輪および後輪が路面から受ける垂直抗力による，重心Gを通り紙面に垂直な軸のまわりの力のモーメントを，それぞれ書け。ただし，力のモーメントは反時計回りを正とする。

(4) この観測者から見た，自転車・運転者にはたらく力および力のモーメントのつりあい条件を表す式を書け。ただし，自転車・運転者全体を剛体とみなしてよいとする。

(5) 前問で求めた関係式を解いて，加速度の大きさ a，垂直抗力の大きさ N_F および N_R を，摩擦力の大きさ F の関数として表わせ。

(6) F と N_F の比 $\dfrac{F}{N_F}$ を，F の関数としてグラフに描け。ただし，$F \geqq 0$ である。

(7) 後輪が浮き上がらないために F が満たすべき条件を書け。

ブレーキが弱いとタイヤは路面に対してすべらず，タイヤにはたらく摩擦力は静止摩擦力とみなしてよいとする。ブレーキを強くすると摩擦力は大きくなる。摩擦力が最大摩擦力を超えるとタイヤは路面に対してすべり始め，タイヤにはたらく摩擦力は動摩擦力になるとしよう。タイヤと路面の間の静止摩擦係数を μ として，以下の問いに答えよ。

(8) μ が十分大きくタイヤはすべらないと仮定して，後輪が浮き上がらずに得られる最も大きな減速，すなわち a の最大値を書け。

(9) 実際にタイヤがすべらずこの最大の減速を得るために，μ が満たすべき条件を書け。

次に，後輪にもブレーキをかけて減速している場合を考える。「両輪とも路面から離れず，かつタイヤがすべらない」という条件の下で得られる最大の減速，すなわち加速度を $-b$ とした時，b の最大値を求めたい。ただし，タイヤと路面の静止摩擦係数 μ は前問(9)で求めた条件を満たすとする。

(10) 後輪のみにブレーキをかけて得られる最大の減速，すなわち b の最大値はいくらか。

(11) 前後両輪のブレーキを使ってよいとして，最大の減速になる場合を考える。その場合に，前輪にはたらく摩擦力 F_F および後輪にはたらく摩擦力 F_R は，それぞれいくらか。

〔2〕 以下の問いに答えよ。(40点)

幅L〔m〕，奥行D〔m〕の長方形状の一巻きコイルを使って，磁場の中にコイルを入れたときやその中で動かしたときにみられる現象について調べる。コイルに発生する起電力を測るため，コイルの両端部にR〔Ω〕の抵抗を接続した閉回路をつくり，抵抗にかかる電圧を測る。以下では，コイルおよび導線の電気抵抗，コイルで発生した電流のつくる磁束，コイル以外の回路部分への磁場の影響，電圧計に流れる電流を無視する。

問 1. はじめに，時間変化する一様な磁束密度$\vec{B}$〔T〕の磁場の中に置かれたコイルについて考えよう。図1に示すように，鉛直方向にかけられた磁場と垂直になるようにコイルの面を水平に固定する。

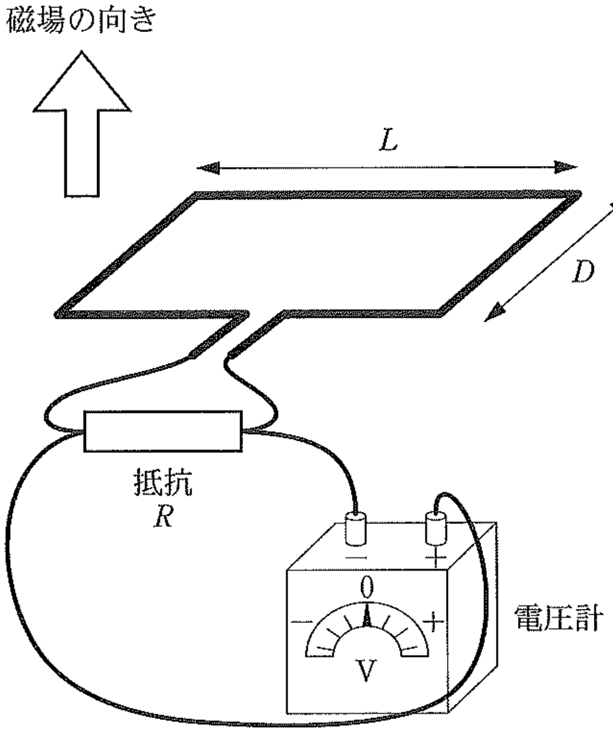
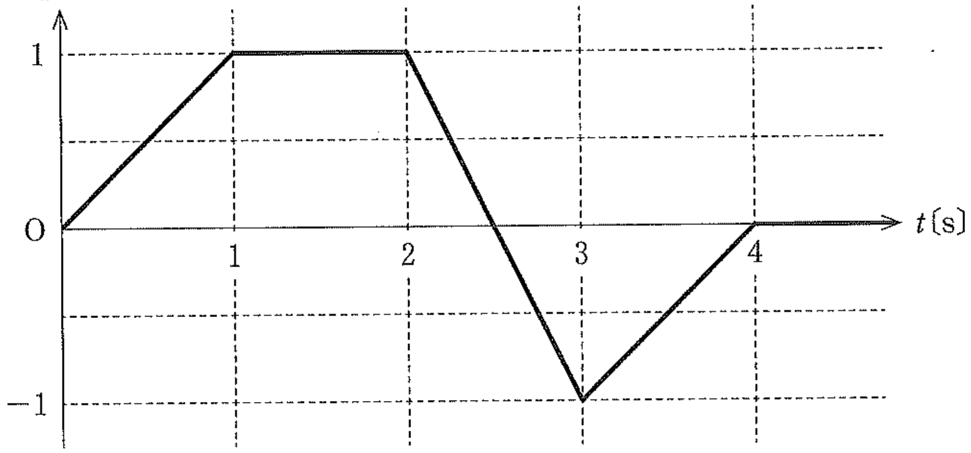


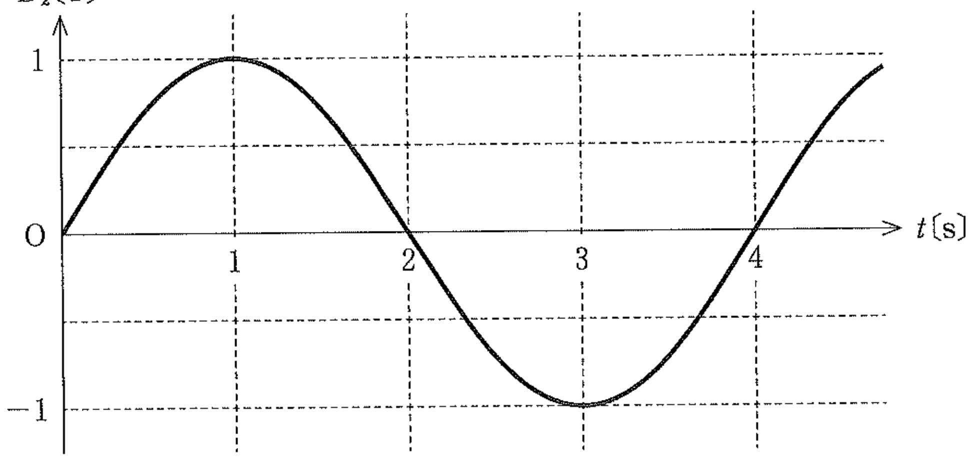
図1

磁束密度$\vec{B}$の鉛直上向きの成分B_z〔T〕が下のグラフ(1)あるいは(2)のように時刻t〔s〕とともに変化するとき，抵抗の両端に取り付けられた電圧計が示す電圧V_1〔V〕の時間変化をグラフに描け。ただし，電圧の値をグラフの縦軸の目盛りに記入しなくてよいが，相対的な大きさが分かるように図示せよ。

(1)



(2)



問 2. つぎに，時間変化しない一様な磁束密度 $\vec{B}$〔T〕の磁場の中でコイルを回転させよう。図 2 に示すように，コイル上の点 b と c の中点，a と d の中点の両方を通る軸のまわりに，一定の角速度 ω〔rad/s〕でコイルを回転させる。この実験について，千春さんと浩介さんの 2 人は以下のように議論している。空欄(ア)から(ク)に入る適切な語句や記号，数式を答えよ。

千春さん　「時刻 0（ゼロ）では，コイルの面と磁場の向きがちょうど垂直だったよね。時間が少し経った時刻 t〔s〕での様子が図 2 に描いてあるね。」

浩介さん　「コイルは反時計回りに角度 ωt だけ回転しているから，コイルを貫く磁束は時刻 0（ゼロ）のときに比べて減少しているね。起電力はどうなるかな？　電流のつくる磁場が，コイルを貫く磁束の時間変化を____(ア)____向きに起電力が生じるよね。」

千春さん　「これは____(イ)____の法則だね。

　電流の向きは，図中の矢印記号(あ)の向きなのか，それとも(い)の向きなのかな？　えーと，____(ウ)____の向きだね。」

浩介さん　「そうだね。じゃあ，この電流は磁場の中を流れるんだよね。ということは，____(エ)____と呼ばれている力がコイルを流れる電流にはたらくよね。コイルの ab 間の部分にはたらく力を求めてみよう。」

千春さん　「電流を I〔A〕，磁束密度の大きさを $B = |\vec{B}|$ と表すと，この力の大きさは____(オ)____になるね。コイルの____(カ)____間にはたらく力も同じ大きさだよね。これらの力がかかるとコイルはどうなるの？」

浩介さん　「コイルの回転が妨げられるのはわかるかな？　一定の角速度でコイルを回転させるには，この妨げる力と同じ大きさで，反対向きの外力をかけるといいよね。この外力の仕事率 P〔W〕を求めよう。」

千春さん　「仕事率は単位時間あたりの仕事だったかな。」

浩介さん 「その通り。まず，コイルの ab 間については，仕事率は速度と力の内積だから，コイルの ab 間の部分の速さを v〔m/s〕，そこにかける力の大きさを F〔N〕とすると，$Fv\sin\omega t$ が仕事率になるよね。___(カ)___間も同じだね。」

千春さん 「2つを合計した全体の仕事率 P〔W〕は，F を I を用いて表して，$P=$ ___(キ)___ になったよ。」

浩介さん 「これと抵抗 R で単位時間(毎秒)あたりに発生する熱量 P_R〔W〕が等しくなるんだ。エネルギー保存則だね。この関係 $P=P_R$ を使うと，電流 I の時間変化が求められるよ。」

千春さん 「P_R は I を用いて，$P_R=$ ___(ク)___ と表せるから，時刻 t のときの電流は $I=\dfrac{BLD\omega}{R}\sin\omega t$ になるね。」

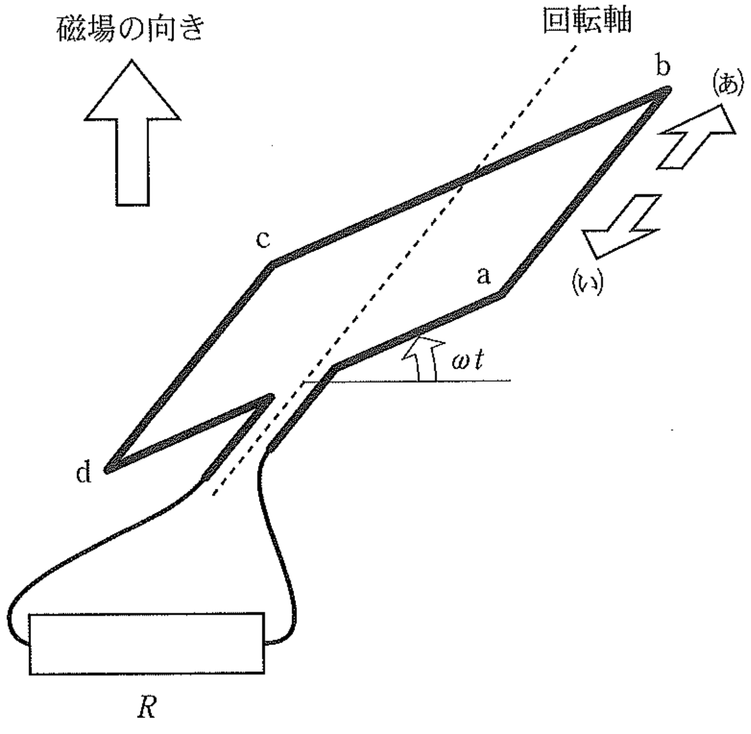


図 2

問 3. 前問 2 で用いたコイルと抵抗からなる閉回路と同じものをもう 1 つ準備する。2 つのコイルを組み合わせて，一体化したコイル対をつくろう。図 3 に示すように，2 つのコイルの回転軸をそろえて，片方のコイル面ともう一方のコイル面とがなす角度を θ〔rad〕（$0 \leq \theta \leq \pi$ にとる）で固定する。コイルの回転軸は，前問と同じとする。また，2 つのコイルが互いに電気的に接触しないように一体化する。

この一体化したコイル対を，時間変化のない一様な磁場の中で，回転軸のまわりに一定の角速度 ω〔rad/s〕で回転させる。このとき，コイル対全体の仕事率が時刻によらず一定になるような θ を求めよ。解答欄には<u>θ の値</u>と<u>そのときの仕事率が時刻によらず一定になること</u>を示せ。

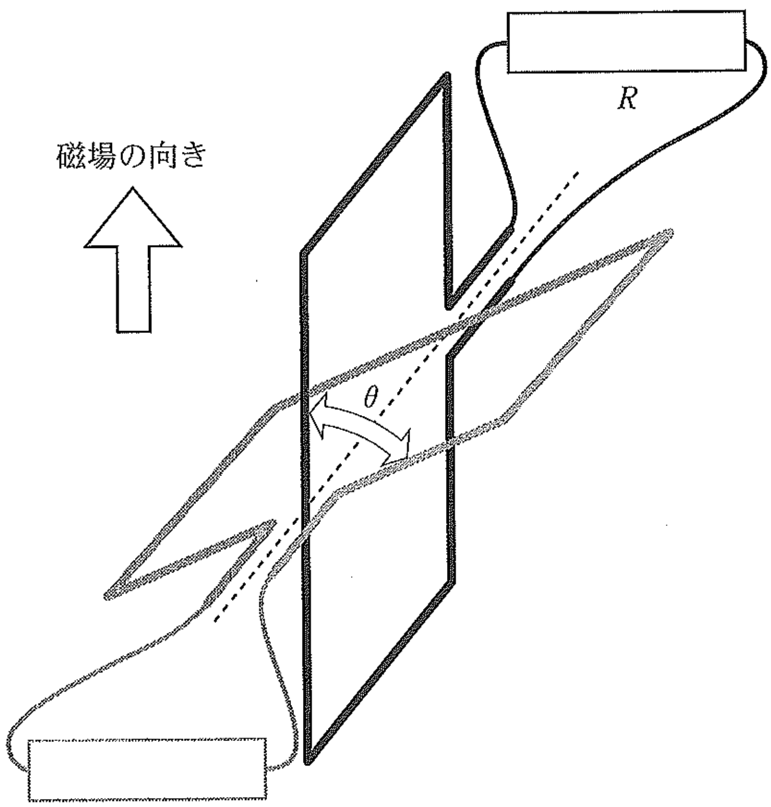


図 3

〔3〕 以下の問いに答えよ。(40 点)

問 1. 次の文中の(　a　)に当てはまる式および(　b　)に当てはまる数値と単位を答えよ。

圧力 $p = 2.7 \times 10^5$ Pa，温度 $T = 430$ K の下で物質量 $n = 1.0$ mol の気体の体積を測定したところ，$V = 1.3 \times 10^{-2}\ \mathrm{m}^3$ であった。この気体に対して近似的に理想気体の状態方程式が適用できると考え，測定結果から気体定数の値を見積もろう。ここで定義した記号を用いて気体定数を求める式を表すと(　a　)であり，気体定数の計算結果を有効数字 2 桁で表すと(　b　)となる。この値は気体定数の正しい値とはやや異なる。

問 2. 図 1 のように，なめらかに上下に動くピストンをもつ断面積 S のシリンダー内に 1 mol の単原子分子理想気体が閉じ込められている。シリンダーの外側は真空である。ピストンは質量の無視できる糸につながれており，手で引き上げることができる。気体定数を R とし，この気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$ である。

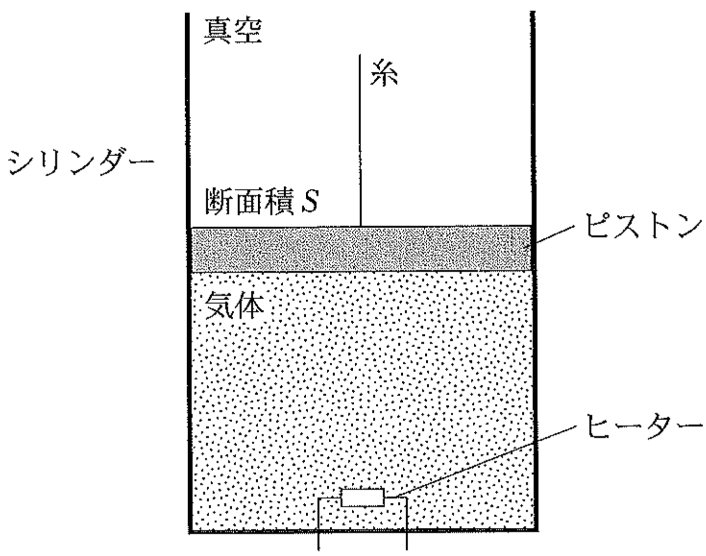


図 1

最初，糸がたるんだ状態でピストンは静止しており，糸の張力はゼロ，気体の圧力は p_A，体積は V_A であった。この状態を状態Aとする。

(1) ピストンの質量を求めよ。ただし，重力加速度の大きさを g とする。

次に，ヒーターにより気体を熱したところ，ピストンが上昇し体積が V_B となった。この状態を状態Bとする。この間，糸はたるんだままで，また，気体から外部への熱の流出はないとする。

(2) 状態A→状態Bの変化の間に気体がする仕事 W_{AB} を求めよ。

(3) 状態A→状態Bの変化の間の温度上昇を求めよ。

(4) ヒーターから気体に与えられる熱 Q_{AB} を求めよ。

気体が状態Bになった時点でヒーターから気体への熱供給を止めた。その後，糸を用いてピストンを引き上げ，気体の体積を V_C にした。この時の気体の温度は状態Aの温度と同じになった。この状態を状態Cとする。ただし，ピストンを引き上げている間，気体と外部の間の熱の移動はないとする。

(5) 状態Cの圧力を求めよ。

(6) 状態B→状態Cの変化の間に，気体がする仕事 W_{BC} を求めよ。

次に糸の張力をゆっくりとゼロまで弱めながら，気体の体積を減少させた。この間，気体から熱を奪い，温度を一定に保つようにしたところ，気体は状態Aに戻った。状態C→状態Aの変化の間に気体から奪われる熱をQ_{CA}($Q_{CA} > 0$)とする。また，状態C→状態Aの変化の間に気体がされる仕事をW_{CA}($W_{CA} > 0$)とする。

(7) W_{CA}とQ_{CA}の間に成り立つ関係式を書け。

次に，状態A→状態B→状態C→状態Aというサイクルを考える。

(8) 解答紙のp-V図上に，このサイクルの概略図を表せ。状態A，状態B，状態Cの位置を黒丸で記し，どの点がどの状態かはっきり示すこと。ただし，V_BおよびV_Cの概略値をそれぞれ$1.32\,V_A$，$2.00\,V_A$とすること。また，状態A→状態B，状態B→状態C，状態C→状態Aそれぞれの変化を表す線を，直線の場合は実線で，曲線の場合は破線で描け。曲線の場合は正確な形を描く必要はないが，上に凸の形であるか，下に凸の形であるかをはっきりと示すこと。

(9) 次の文章の(　ア　)～(　エ　)を数式で，(　オ　)を適当な言葉で埋めよ。

このサイクルの熱効率eを，Q_{AB}，Q_{CA}を用いて表すと，$e = \dfrac{(\text{　ア　})}{(\text{　イ　})}$である。始点の状態Aから終点の状態Aまでのサイクル全体を通しての気体の内部エネルギー変化は(　ウ　)であるので，(　ア　)と同じ量をW_{AB}，W_{BC}，W_{CA}を用いて表すと(　エ　)となる。また，eの値は必ず1より(　オ　)。