R—2 Ⓐ

理　　科

15：00～17：30

解答上の注意

1. 試験開始の合図があるまで，この問題紙を開いてはならない。
2. 問題紙は53ページある。このうち，「物理」は2～11ページ，「化学」は12～26ページ，「生物」は27～45ページ，「地学」は46～53ページである。
3. 「物理」，「化学」，「生物」，「地学」のうちから，あらかじめ届け出た2科目について解答せよ。各学部・系・群・学科・専攻の必須科目(◎印)と選択科目(○印)は下表のとおりである。

学部・系・群・学科・専攻	総合入試					学部別入試								
	理系					医学部						歯学部	獣医学部	水産学部
							保健学科							
科目	数学重点選抜群	物理重点選抜群	化学重点選抜群	生物重点選抜群	総合科学選抜群	医学科	看護学専攻	放射線技術科学専攻	検査技術科学専攻	理学療法学専攻	作業療法学専攻			
物理	○	◎	○	○	○	◎	○	◎	○	○	○	○	○	○
化学	○	○	◎	○	○	○	○	○	◎	○	○	○	○	○
生物	○	○	○	◎	○	○	◎	○	○	○	○	○	○	○
地学	○	○	○	○	○									○

4. **受験する科目のすべての解答用紙には，受験番号および座席番号(上下2箇所)を，監督者の指示に従って，指定された箇所に必ず記入せよ。**
5. 解答はすべて解答用紙の指定された欄に記入せよ。
6. 必要以外のことを解答用紙に書いてはならない。
7. 問題紙の余白は下書きに使用してもさしつかえない。
8. 下書き用紙は回収しない。

◇M11(256—103)

物　　　理

1　以下の文中の $\boxed{\quad(1)\quad}$ ～ $\boxed{\quad(10)\quad}$ に適切な数式または数値を入れよ。

図1のように，同じ質量 m〔kg〕の物体Aと物体Bが，ばね定数 k〔N/m〕のばねにつながれ，水平な床の上に静止している。水平右向きに x 軸をとり，物体とばねは x 軸に平行な運動だけをするものとする。なお，空気抵抗や，床と物体の間の摩擦，ばねの質量は無視する。

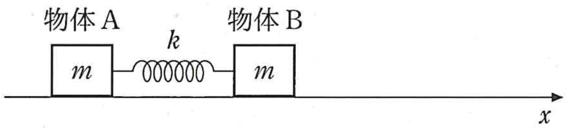


図1

問1　はじめ，図2のように，物体Aを床に固定する。床の上を左向きに進んできた物体Cが物体Bと衝突し，その直後，物体Bの速度は $-v$〔m/s〕($v>0$)，物体Cの速度は $\frac{1}{2}v$〔m/s〕となった。その後，物体Bと物体Cは再び衝突することはなかった。

物体Bと物体Cの間の反発係数が0.5であるとき，衝突前の物体Cの速度は $\boxed{\quad(1)\quad}$〔m/s〕である。

物体Bと物体Cの衝突後，ばねは自然長から最大 $\boxed{\quad(2)\quad}$〔m〕縮み，その後のびはじめた。物体Bと物体Cが衝突してからばねの長さがはじめて最大になるまでに経過した時間は $\boxed{\quad(3)\quad}$〔s〕であり，このときの物体Bの速度は $\boxed{\quad(4)\quad}$〔m/s〕である。

ばねの長さが最大になった瞬間に，物体Aの固定が外れ，物体Aが動けるようになった。ばねの長さが自然長に戻ったときの物体Bの速さは $\boxed{\quad(5)\quad}$〔m/s〕である。また，物体Aの固定が外れた後，ばねと物体Aおよび物体Bからなる系の重心の速度は，常に $\boxed{\quad(6)\quad}$〔m/s〕である。

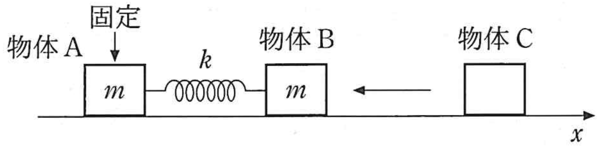


図 2

問 2 次に，ばねと物体 A および物体 B を図 1 のように元の状態に戻す。ここでは，物体 A と物体 B のいずれも固定しない。図 3 のように，床の上を速度 $-2v$〔m/s〕($v>0$)で進んできた物体 D は，物体 B と衝突した直後，その場で静止した。その後，物体 D は物体 B と衝突することはなかった。

衝突直後の物体 B の速度は $-v$〔m/s〕であった。このことから，物体 D の質量は $\boxed{(7)}$〔kg〕であることがわかる。この衝突によって図 3 の系全体で失われた力学的エネルギーは $\boxed{(8)}$〔J〕である。

その後，ばねは伸縮をくりかえしながら，物体 A と物体 B は全体として左に運動した。ばねが最も縮んだときの物体 B の速度は $\boxed{(9)}$〔m/s〕であり，自然長からの縮みは $\boxed{(10)}$〔m〕である。

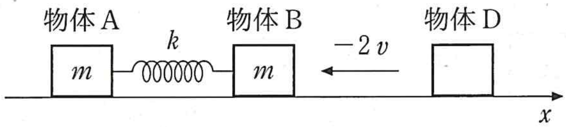


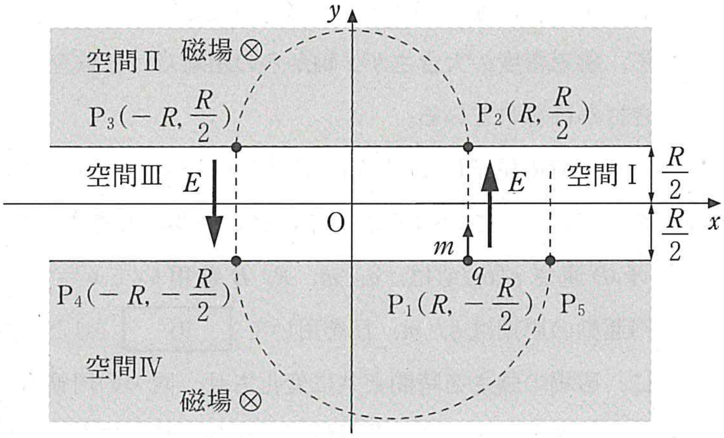
図 3

$\boxed{2}$ 以下の文中の $\boxed{(1)}$ ～ $\boxed{(10)}$ に適切な数式または数値を入れよ。

電場または磁場がかけられた真空中における質量m〔kg〕，電気量q〔C〕($q > 0$)の荷電粒子の運動を考える。ただし，荷電粒子の速さは常に光速に比べて十分に小さいとし，重力の影響は無視できるものとする。

問1 図1のように，紙面に平行な面内に互いに直交するx軸とy軸をとる。xy面に対して垂直に広がる，幅R〔m〕($R > 0$)でx軸に平行な空間Ⅰ($x > 0$，$-\frac{R}{2} \leqq y \leqq \frac{R}{2}$)とⅢ($x < 0$，$-\frac{R}{2} \leqq y \leqq \frac{R}{2}$)には，同じ大きさ$E$〔V/m〕で互いに逆向きの電場が，$y$軸と平行な矢印の向きにかけられている。また，空間ⅠとⅢの外側の空間Ⅱ($y > \frac{R}{2}$)とⅣ($y < -\frac{R}{2}$)には，同じ強さの磁場が紙面(xy面)に対して垂直に表から裏に向かってかけられている。

荷電粒子をxy面内の点$P_1(R, -\frac{R}{2})$から静かに放つと，この粒子は電場による力を受けてy軸の正の向きに動き始め，点$P_2(R, \frac{R}{2})$，点$P_3(-R, \frac{R}{2})$，点$P_4(-R, -\frac{R}{2})$を順につなぐ軌道(点線)に沿って運動した。粒子が点P_1から点P_2に到達するまでに電場から受ける仕事は $\boxed{(1)}$ 〔N・m〕であり，点P_2を通過するときの粒子の速さは $\boxed{(2)}$ 〔m/s〕となる。そのあと粒子が点P_3を通過することから，磁束密度の大きさは $\boxed{(3)}$ 〔T〕であることがわかる。粒子は点P_4を通過した後，半径 $\boxed{(4)}$ 〔m〕の円弧を描いて運動し点P_5を通過する。



y
空間Ⅱ
磁場⊗
$P_3(-R, \frac{R}{2})$
$P_2(R, \frac{R}{2})$
空間Ⅲ
E
E
空間Ⅰ
$\frac{R}{2}$
O
x
$\frac{R}{2}$
m
q
$P_4(-R, -\frac{R}{2})$
$P_1(R, -\frac{R}{2})$
P_5
空間Ⅳ
磁場⊗

図1

問 2 図2のように，原点Oを通り互いに直交する3つの軸(x軸，y軸，z軸)をとる。磁束密度の大きさがz軸からの距離だけに依存する磁場がz軸の負の向きにかけられている。

はじめ，荷電粒子はxy平面内で原点Oを中心とする半径R〔m〕の等速円運動をしている。この円軌道上での磁束密度の大きさをB〔T〕とすると，荷電粒子の速さv〔m/s〕は，q，m，R，Bを用いて$v=$ $\boxed{(5)}$ $\times B$と表せ，円運動の周期はq，m，Bを用いて $\boxed{(6)}$ 〔s〕と表される。

次に，磁場の強さを時間と共に変化させ，同一の円軌道上で荷電粒子を加速することを考える。この荷電粒子の運動は軌道に沿った円環コイルに流れる電流とみなせる。このコイル内を貫く全磁束の大きさΦ〔Wb〕は，aを定数として$\Phi = a\pi R^2 B$〔Wb〕となるものとする。ここで，微小時間Δt〔s〕で円環コイル上の磁束密度の大きさがΔB〔T〕だけ大きくなり，コイル内を貫く全磁束の大きさが$\Delta\Phi = a\pi R^2\Delta B$だけ増加するように磁場の強さを変化させた。このとき，荷電粒子の軌道に沿った円環コイルには誘導起電力が発生した。その起電力の大きさは，a，R，$\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$を用いて $\boxed{(7)}$ 〔V〕と表せる。このような起電力が発生するのは円環コイルに沿って一様な電場が誘導されるためであり，それにより荷電粒子は加速される。この電場の大きさは $\boxed{(8)}$ 〔V/m〕となる。荷電粒子の円運動における加速度の接線方向の成分は，その速さの変化Δv〔m/s〕とΔt〔s〕を用いて$\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$〔m/s^2〕と与えられる。荷電粒子の運動方程式より，$\dfrac{\Delta v}{\Delta t}$は$a$，$m$，$q$，$R$，$\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$を用いて$\dfrac{\Delta v}{\Delta t}=$ $\boxed{(9)}$ $\times\dfrac{\Delta B}{\Delta t}$と書け，$\Delta v$と$\Delta B$との間には$\Delta v=$ $\boxed{(9)}$ $\times\Delta B$の関係があることがわかる。

一方，荷電粒子が加速されても半径Rの円運動を保つためには，$\Delta v=$ $\boxed{(5)}$ $\times\Delta B$が成り立つ必要がある。したがって，同じ円軌道上で荷電粒子を加速するためには，aの値は $\boxed{(10)}$ でなければならない。

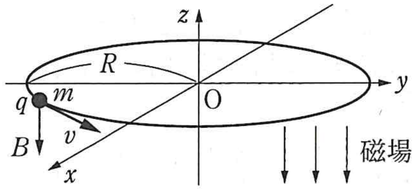


図 2

3 以下の文中の $\boxed{\quad(1)\quad}$ ～ $\boxed{\quad(7)\quad}$ に適切な数式を入れよ。 $\boxed{\quad(あ)\quad}$ ～ $\boxed{\quad(お)\quad}$ にはそれぞれの選択肢から最も適切なものを一つ選べ。

なめらかに動くピストンを持つ容器に，1 mol の単原子分子理想気体が封入されている。この気体を図1のように，状態A，B，C，Dの間で変化させる熱機関を考える。気体の状態は，圧力 P〔Pa〕と体積 V〔m^3〕の組 $(P,\ V)$ で表され，いずれの状態変化もゆっくりと行われる。気体定数を R〔J/(mol･K)〕とすると，気体の定積モル比熱は $\frac{3}{2}R$〔J/(mol･K)〕，定圧モル比熱は $\frac{5}{2}R$〔J/(mol･K)〕である。

以下の文中で「気体が外部から吸収する熱量 Q〔J〕」というとき，Q は符号まで含めて定義されており，$Q > 0$ なら気体は熱量 Q〔J〕を外部から受け取り，$Q < 0$ なら気体は熱量 $|Q|$〔J〕を外部に放出することを表す。また，「気体が外部にする仕事 W〔J〕」というとき，$W > 0$ なら気体は外部に W〔J〕の仕事をし，$W < 0$ なら気体が外部から $|W|$〔J〕の仕事をされることを表す。

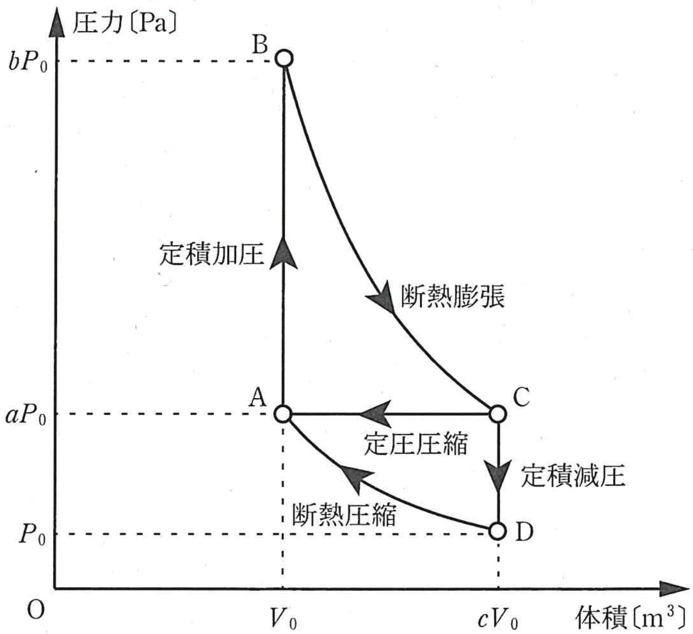


図1

問 1　状態変化 A→B→C→D→A からなるサイクルを C_{I} とする。a，b，c を定数として（$1 < a < b$，$1 < c$），状態 A（aP_0，V_0）から状態 B（bP_0，V_0）への定積変化にともなう内部エネルギーの変化 ΔU_{AB}〔J〕と状態 B から状態 C（aP_0，cV_0）への断熱変化にともなう内部エネルギーの変化 ΔU_{BC}〔J〕は，R，a，b，c，P_0，V_0 のうち適切なものを用いて，それぞれ $\Delta U_{\mathrm{AB}} = \boxed{(1)}$，$\Delta U_{\mathrm{BC}} = \boxed{(2)}$ と表される。気体は定積変化において仕事をせず，また断熱変化において外部と熱のやり取りをしない。このことに注意すると，状態変化 A→B→C において，気体が外部から吸収する熱量 Q_1〔J〕および気体が外部にする仕事 W_1〔J〕は $\boxed{(あ)}$ となることがわかる。状態 C から状態 D（P_0，cV_0）への定積変化と状態 D から状態 A への断熱変化についても同様であることを考慮し，状態変化 C→D→A において気体が外部から吸収する熱量 Q_2〔J〕および気体が外部にする仕事 W_2〔J〕を，R，a，b，c，P_0，V_0 のうち適切なものを用いて表すと，それぞれ $Q_2 = \boxed{(3)}$，$W_2 = \boxed{(4)}$ となる。

一方，B→C と D→A の断熱変化において $PV^{\frac{5}{3}}$ が一定であることから，b と c は a を用いて，$b = \boxed{(5)}$，$c = \boxed{(6)}$ と表される。以上から，サイクル C_{I} による熱機関の効率 e_{I} は a を用いて，$e_{\mathrm{I}} = \boxed{(7)}$ と表される。

$\boxed{(あ)}$ の選択肢：

(ア)　$Q_1 = \Delta U_{\mathrm{AB}}$，$W_1 = -\Delta U_{\mathrm{BC}}$　　(イ)　$Q_1 = \Delta U_{\mathrm{AB}}$，$W_1 = \Delta U_{\mathrm{BC}}$

(ウ)　$Q_1 = -\Delta U_{\mathrm{AB}}$，$W_1 = \Delta U_{\mathrm{BC}}$　　(エ)　$Q_1 = -\Delta U_{\mathrm{AB}}$，$W_1 = -\Delta U_{\mathrm{BC}}$

問 2　状態変化 A→B→C→A からなるサイクルを C_{II} とする。サイクル C_{II} による熱機関の効率を e_{II} とし，e_{I} との大小関係を考える。C_{I} と C_{II} の 1 サイクルの間に，気体が外部にする仕事の総和をそれぞれ W_{I} と W_{II} とすると，図 1 から $\boxed{\text{(い)}}$ である。また C_{I} と C_{II} の 1 サイクルの間に，気体が外部から吸収する正の熱量の総和をそれぞれ $\tilde{Q}_{\text{I}}$ と $\tilde{Q}_{\text{II}}$ とすると，$\boxed{\text{(う)}}$ である。以上から効率の大小関係は $\boxed{\text{(え)}}$ となる。

$\boxed{\text{(い)}}$ の選択肢：

(ア) $W_{\text{I}} < W_{\text{II}}$　　(イ) $W_{\text{I}} = W_{\text{II}}$　　(ウ) $W_{\text{I}} > W_{\text{II}}$

$\boxed{\text{(う)}}$ の選択肢：

(ア) $\tilde{Q}_{\text{I}} < \tilde{Q}_{\text{II}}$　　(イ) $\tilde{Q}_{\text{I}} = \tilde{Q}_{\text{II}}$　　(ウ) $\tilde{Q}_{\text{I}} > \tilde{Q}_{\text{II}}$

$\boxed{\text{(え)}}$ の選択肢：

(ア) $e_{\text{I}} < e_{\text{II}}$　　(イ) $e_{\text{I}} = e_{\text{II}}$　　(ウ) $e_{\text{I}} > e_{\text{II}}$

問 3　図 1 に示す状態変化は温度と体積の関係としても表せる。状態 A，B，C，D の温度をそれぞれ，T_A，T_B，T_C，T_D〔K〕とし，それぞれの過程を図示すると，図 2 のうち $\boxed{\text{(お)}}$ のようになる。

$\boxed{\text{(お)}}$ の選択肢：

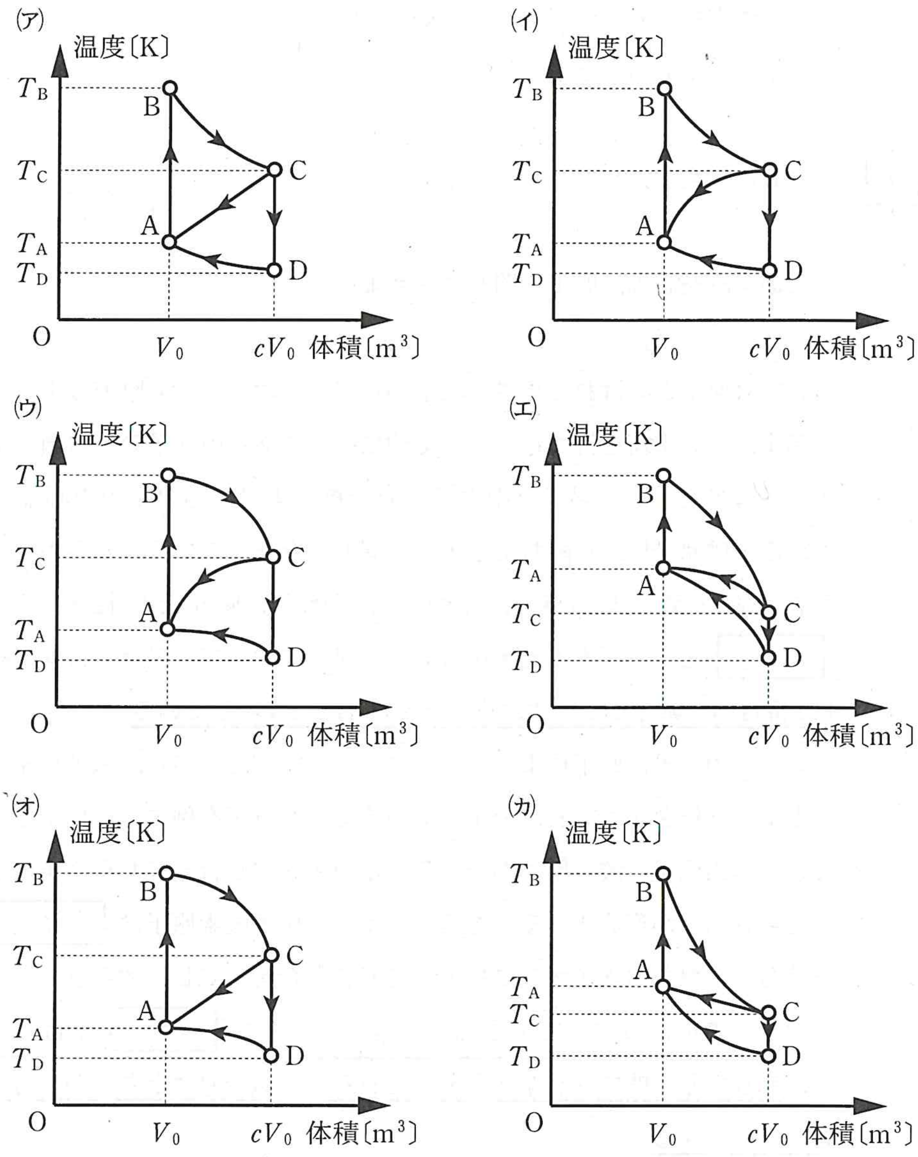


図 2