平成29年度　　　　　　　　　　　　　　　　　　　〔試験時間　80分〕

B３ 物理　B４ 化学　B５ 生物

この冊子は，物理，化学 及び 生物 の問題を１冊にまとめてあります。

電子応用工学科は物理指定

材料工学科は，物理または化学のどちらかを選択

生物工学科は，物理，化学，生物のいずれかを選択

物理の問題は，１ページより19ページまであります。
化学の問題は，20ページより37ページまであります。
生物の問題は，38ページより68ページまであります。

〔注　　意〕

(1) 試験開始の指示があるまで，この冊子を開いてはいけません。

(2) 監督者から受験番号等記入の指示があったら，解答用紙に受験番号と氏名を記入してください。また，解答用マークシートに受験番号と氏名を記入し，さらに受験番号をマークしてください。

(3) 解答は，所定の解答用紙に記入したもの及び解答用マークシートにマークしたものだけが採点されます。

(4) 解答用マークシートについて

① 解答用マークシートは，絶対に折り曲げてはいけません。

② マークには黒鉛筆（ＨＢまたはＢ）を使用してください。
指定の黒鉛筆以外でマークした場合，採点できないことがあります。

③ 誤ってマークした場合は，消しゴムで丁寧に消し，消しくずを完全に取り除いたうえ，新たにマークしてください。

④ 解答欄のマークは，横１行について１箇所に限ります。
２箇所以上マークすると採点されません。
あいまいなマークは無効となるので，はっきりマークしてください。

⑤ 解答用マークシートに記載されている解答上の注意事項を，必ず読んでから解答してください。

(5) 試験開始の指示があったら，初めに問題冊子のページ数を確認してください。
ページの落丁・乱丁，印刷不鮮明等に気づいた場合は，手を挙げて監督者に知らせてください。

(6) 問題冊子は，試験終了後，持ち帰ってください。

物　　理

1 次の文中の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(シ)}}$ にあてはまる適当なものを指定の**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定された欄にマークしなさい。

(40点)

(1) **図1－1**のように，水平でなめらかな床の上に置かれた質量 M〔kg〕の台がある。台の上面は，なめらかな曲面ABとあらい水平面BCが，点Bにおいて，なめらかにつながっている。重力加速度の大きさを g〔m/s^2〕とする。

いま，曲面AB上の点に質量 m〔kg〕の大きさが無視できる物体を置き，静かに手をはなした。このとき，台と物体は床に対して静止しており，物体は水平面BCから高さ h〔m〕の位置にあった。その後，台は床に沿って水平方向に運動するとともに，物体は台のなめらかな曲面上をすべり，台の上面が水平面となる点Bに到達した。このとき，点Bにおける物体の床に対する速さは $\boxed{\text{(ア)}}$〔m/s〕である。

つぎに，物体は点Bに到達したあと，あらい水平面BC上を運動し，点Bから距離 L〔m〕離れた点Pにおいて，台に対して静止した。なお，物体と台の水平面との間の動摩擦係数を μ' とする。物体が台に対して静止したとき，台および物体の床に対する速さは $\boxed{\text{(イ)}}$〔m/s〕である。また，物体が点Bから点Pに到達するまでの時間は $\boxed{\text{(ウ)}}$〔s〕であり，点Bから点Pまでの距離は $L =$ $\boxed{\text{(エ)}}$〔m〕である。

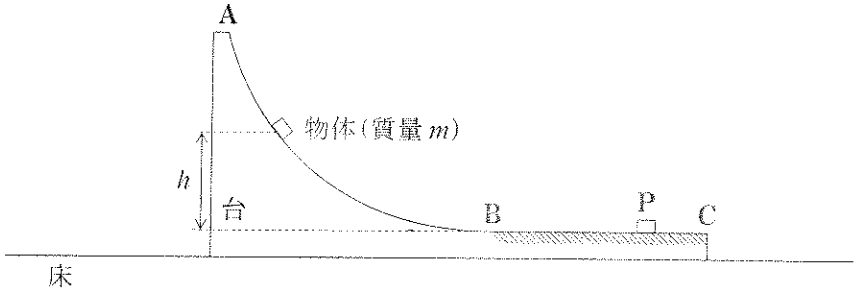


図 1－1

(ア)〜(エ)の解答群

(10) 0

(11) $\sqrt{gh}$

(12) $\sqrt{2gh}$

(13) $\sqrt{\dfrac{ghM}{m}}$

(14) $\sqrt{\dfrac{ghm}{M}}$

(15) $\sqrt{\dfrac{ghM}{m+M}}$

(16) $\sqrt{\dfrac{2ghM}{m+M}}$

(17) $\sqrt{\dfrac{gh(m+M)}{M}}$

(18) $\sqrt{\dfrac{2gh(m+M)}{M}}$

(19) $\dfrac{1}{\mu'}\sqrt{\dfrac{hM}{g(m+M)}}$

(20) $\dfrac{1}{\mu'}\sqrt{\dfrac{2hM}{g(m+M)}}$

(21) $\dfrac{1}{\mu'}\sqrt{\dfrac{h(m+M)}{gM}}$

(22) $\dfrac{1}{\mu'}\sqrt{\dfrac{2h(m+M)}{gM}}$

(23) $\dfrac{h}{6\mu'}$

(24) $\dfrac{h}{3\mu'}$

(25) $\dfrac{h}{2\mu'}$

(26) $\dfrac{h}{\mu'}$

左のページは白紙です。

(2) 質量 m〔kg〕の小球を点Qから長さ l〔m〕の軽い糸でつるし静止させた。その状態から，**図1－2**のように，水平方向に大きさ v_0〔m/s〕の速度で小球を打ち出した。小球は糸がたるむことなく，図中の破線(鉛直方向)から角度 θ〔rad〕の点Pまで到達し，点Pから糸がたるみはじめた。重力加速度の大きさを g〔$\mathrm{m/s^2}$〕とする。

小球とともに円運動している人から見ると小球には遠心力がはたらき，円の中心方向について力がつり合っているように見える。このことから，点Pにおける小球の速さを v_P〔m/s〕とすると，$v_P{}^2 = \boxed{\text{(オ)}}$〔$\mathrm{(m/s)^2}$〕となる。一方，力学的エネルギー保存則を用いると，$v_P{}^2 - v_0{}^2 = \boxed{\text{(カ)}}$〔$\mathrm{(m/s)^2}$〕が成り立つことから，点Pで糸がたるみはじめるためには，$v_0{}^2 = \boxed{\text{(キ)}}$〔$\mathrm{(m/s)^2}$〕であることがわかる。

図1－3のように，糸がたるみはじめた点Pを原点とし，これを通り直交する2つの座標軸(水平方向 x 軸；鉛直方向 y 軸)を定める。いま，糸がたるみはじめた後，小球が点Pから xy 平面内を初速度の大きさ v_P〔m/s〕で放物運動し，点Qに命中する場合を考える。点Pから放物運動を開始した時刻を $t = 0$ とすれば，時刻 t〔s〕における小球の x 座標は，$x = \boxed{\text{(ク)}}$〔m〕であるので，小球の x 座標が点Qの x 座標と一致する時刻は，$t = \boxed{\text{(ケ)}}$〔s〕となる。また，時刻 t〔s〕における小球の y 座標は，$y = \boxed{\text{(コ)}}$〔m〕であるので，時刻 $t = \boxed{\text{(ケ)}}$〔s〕に小球の y 座標が点Qの y 座標に一致すれば，小球は点Qに命中する。このとき，$v_P{}^2 = \boxed{\text{(オ)}}$〔$\mathrm{(m/s)^2}$〕を用いると，$\tan^2\theta = \boxed{\text{(サ)}}$ となり，小球が点Qに命中するためには $v_0{}^2 = \boxed{\text{(シ)}}$〔$\mathrm{(m/s)^2}$〕でなければならない。

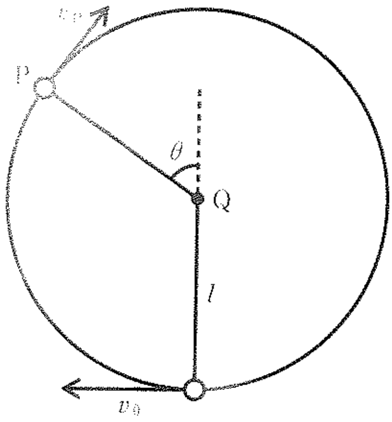


図1－2

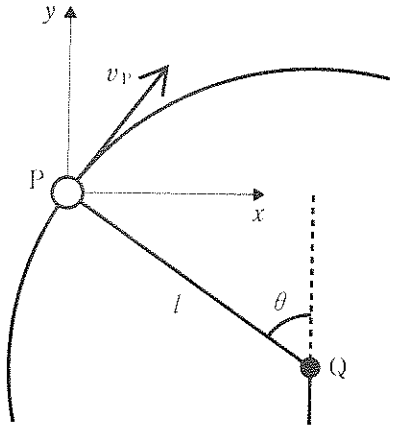


図1－3

(オ)〜(キ)の解答群

(1) gl
(2) $gl\sin\theta$
(3) $gl\cos\theta$
(4) $-2gl(1+\sin\theta)$
(5) $-2gl(1+\cos\theta)$
(6) $-2gl(1-\cos\theta)$
(7) $gl(2+\cos\theta)$
(8) $gl(2-\cos\theta)$
(9) $gl(2+3\cos\theta)$

(ク)の解答群

(1) v_Pt
(2) $v_Pt\sin\theta$
(3) $v_Pt\cos\theta$
(4) $v_Pt\tan\theta$

(ケ)の解答群

(1) $\dfrac{l}{v_P}$
(2) $\dfrac{l}{v_P}\sin\theta$
(3) $\dfrac{l}{v_P}\cos\theta$
(4) $\dfrac{l}{v_P}\tan\theta$

(コ)の解答群

(1) $v_Pt\sin\theta+\dfrac{1}{2}gt^2$
(2) $v_Pt\sin\theta-\dfrac{1}{2}gt^2$
(3) $v_Pt\cos\theta+\dfrac{1}{2}gt^2$
(4) $v_Pt\cos\theta-\dfrac{1}{2}gt^2$

(サ)の解答群

(0) 0
(1) 1
(2) $\sqrt{2}$
(3) 2

(シ)の解答群

(1) $(2+\sqrt{2})gl$
(2) $(2+3\sqrt{2})gl$
(3) $(2+\sqrt{3})gl$
(4) $(2+3\sqrt{3})gl$

左のページは白紙です。

2 次の文中の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(ス)}}$ にあてはまる適当なものを指定の**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定欄にマークしなさい。

(35 点)

(1) **図 2－1** のように，平面上に直交する x 軸，y 軸をとり，原点 O から L〔m〕($L > 0$)はなれた x 軸上の点 A(L, 0)と点 B($-L$, 0)に電気量 Q〔C〕($Q > 0$)の点電荷をそれぞれ固定する。クーロンの法則の比例定数を k〔N·m^2/C^2〕とする。

このとき，これらの点電荷による xy 平面上における電場(電界)について考えよう。電気力線のようすを表す図は $\boxed{\text{(ア)}}$ である。また，等電位線のようすは**図 2－2** の曲線のようになる。次に，点 C(L, $\frac{2}{\sqrt{3}}L$)における電場(電界)ベクトルについて考えよう。この電場(電界)ベクトルの x 成分は $\boxed{\text{(イ)}}$〔N/C〕，y 成分は $\boxed{\text{(ウ)}}$〔N/C〕となる。点 C における電場(電界)ベクトルの向きは**図 2－2** の $\boxed{\text{(エ)}}$ の矢印の向きになる。

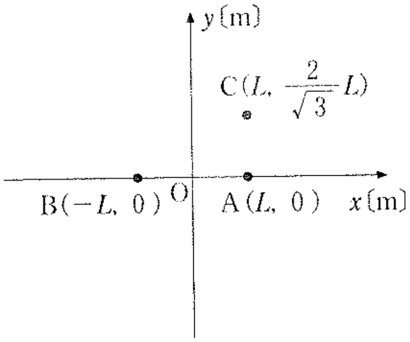


図 2－1

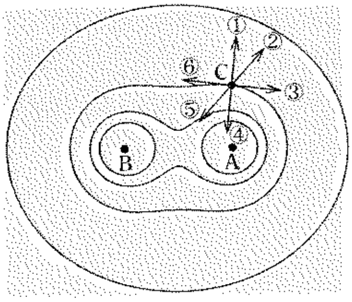
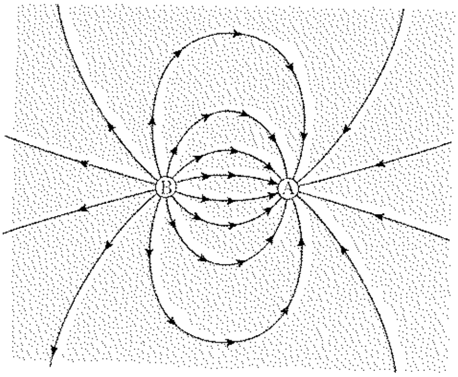


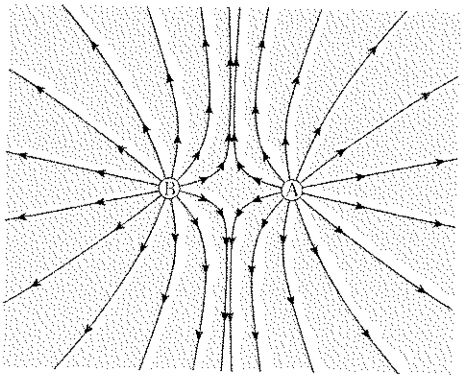
図 2－2

◇M6(461—86)

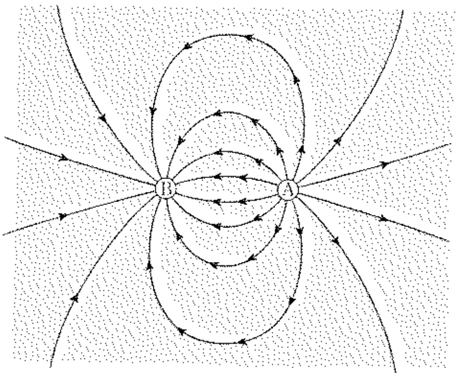
(ア)の解答群



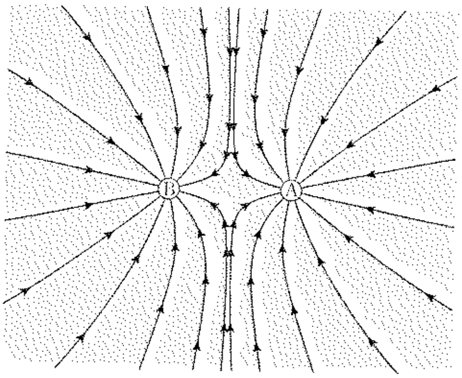
(1)



(2)



(3)



(4)

(イ)、(ウ)の解答群

(0) 0

(1) $-\frac{27}{32}\frac{kQ}{L^2}$

(2) $-\frac{21}{32}\frac{kQ}{L^2}$

(3) $-\frac{3\sqrt{3}}{32}\frac{kQ}{L^2}$

(4) $\frac{3}{32}\frac{kQ}{L^2}$

(5) $\frac{3\sqrt{3}}{32}\frac{kQ}{L^2}$

(6) $\frac{21}{32}\frac{kQ}{L^2}$

(7) $\frac{27}{32}\frac{kQ}{L^2}$

(エ)の解答群

(1) ①

(2) ②

(3) ③

(4) ④

(5) ⑤

(6) ⑥

次の 2 ページは白紙です。

(2) **図2－3**のような回路について考える。抵抗 R_1，R_2，R_3 の抵抗値をそれぞれ R〔Ω〕とし，コイル L_1，L_2 の自己インダクタンスをそれぞれ L〔H〕とする。また，直流電源Eの電圧を E_0〔V〕とし，直流電源の内部抵抗は考えないものとする。

はじめに，スイッチ S_1 と S_2 は開いている状態にある。時刻 $t = 0$ のときに，S_1 を閉じると抵抗 R_1 には矢印の向きに電流が流れる。その電流は，**図2－4**のように，0からしだいに増加し，十分に時間が経過すると一定の値になる。時刻 $t = t_1$〔s〕のとき，抵抗 R_1 に流れる電流を I_1〔A〕とすると，キルヒホッフの法則からコイル L_1 の両端の電位差は $\boxed{\text{(オ)}}$〔V〕となる。S_1 を閉じてから十分に時間が経過した時刻 $t = t_2$〔s〕のとき，コイル L_1 にたくわえられるエネルギーは $\boxed{\text{(カ)}}$〔J〕となる。

次に S_1 を開いてから十分に時間が経過した時刻 $t = t_3$〔s〕で，S_2 を閉じた。その直後，抵抗 R_2 に矢印の向きに流れる電流は $\boxed{\text{(キ)}}$〔A〕である。また，S_2 を閉じてから十分に時間が経過したとき，抵抗 R_2 に矢印の向きに流れる電流は $\boxed{\text{(ク)}}$〔A〕となる。

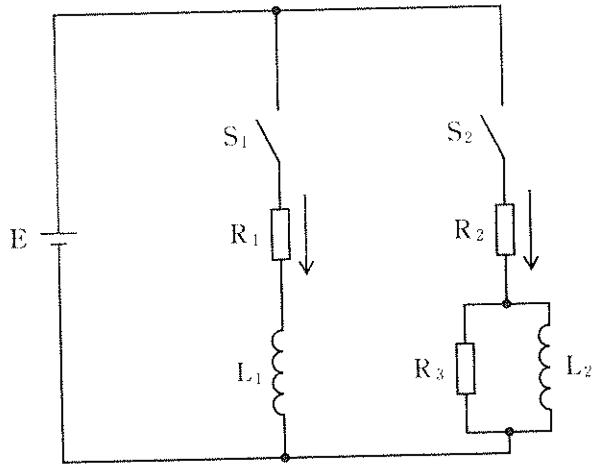


図2－3

◇M6(461—88)

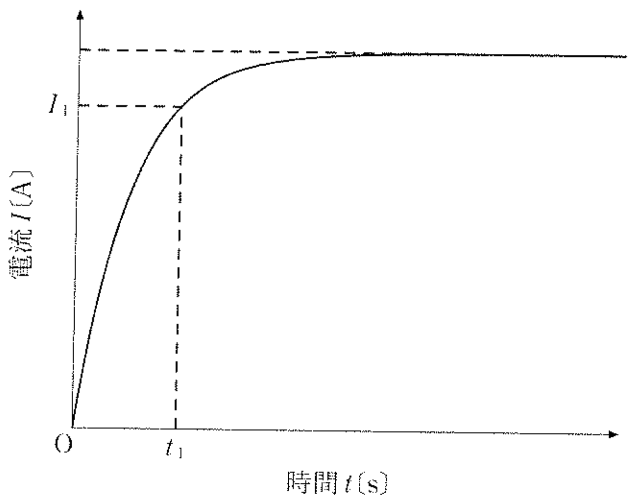


図 2－4　抵抗 R_1 に流れる電流の時間変化

(オ)の解答群

(0)　0

(1)　$E_0 + RI_1$　　(2)　$E_0 - RI_1$　　(3)　LI_1

(カ)の解答群

(1)　$\frac{1}{2} L\left(\frac{E_0}{2R}\right)^2$　　(2)　$\frac{1}{2} L\left(\frac{E_0}{R}\right)^2$

(3)　$L\left(\frac{E_0}{R}\right)^2$　　(4)　$\frac{1}{2} L\left(\frac{E_0}{L+R}\right)^2$

(キ), (ク)の解答群

(0)　0

(1)　$\frac{E_0}{2R}$　　(2)　$\frac{E_0}{R}$　　(3)　$2\frac{E_0}{R}$

(4)　$\frac{E_0}{L+R}$　　(5)　$\frac{E_0(L+R)}{LR}$　　(6)　$\frac{E_0}{R + \frac{LR}{L+R}}$

(3)　1個の電池は起電力E〔V〕，内部抵抗r〔Ω〕である。これを図2−5のように，m個直列接続して一組の電池を作り，それらn組を並列接続し，これを可変抵抗Rに接続した。可変抵抗RがR_x〔Ω〕のときにRに流れる電流は［(ケ)］〔A〕である。

R_xを変化させたとき，すべての電池の内部抵抗で消費される電力の総和P〔W〕がRで消費される電力と等しくなった。このときR_x =［(コ)］〔Ω〕であり，P =［(サ)］〔W〕である。このR_xの値を変えずに図2−6のように，一組の直列接続した電池だけ，逆向きに接続すると，XからYに向かってRに流れる電流は［(シ)］〔A〕となる。そして，n =［(ス)］のときRで消費される電力は0となる。

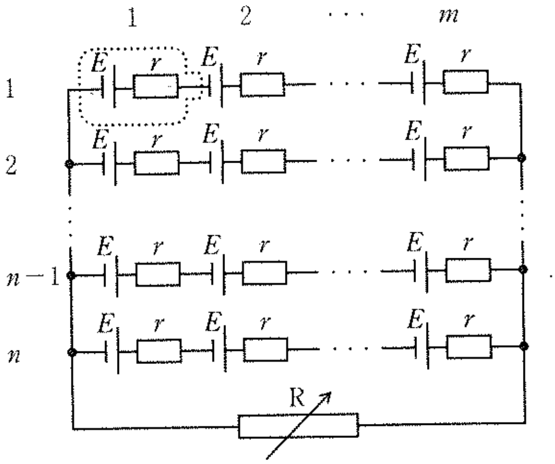


図2−5

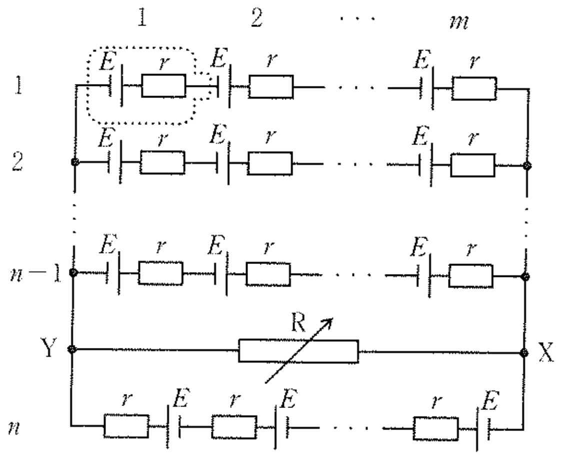


図２－６

(ケ)の解答群

(1) $\dfrac{mnE}{nR_x + mr}$　(2) $\dfrac{mnE}{mR_x + nr}$　(3) $\dfrac{mE}{R_x}$

(4) $\dfrac{nE}{r}$　(5) $\dfrac{mE}{R_x + nr}$　(6) $\dfrac{mE}{R_x + mr}$

(7) $\dfrac{mE}{mR_x + nr}$　(8) $\dfrac{nE}{mR_x + nr}$

(コ)〜(ス)の解答群

(11) 2　(12) 3　(13) 4

(14) 8　(15) $\dfrac{mr}{n}$　(16) mnr

(17) $\dfrac{n^2 r}{m}$　(18) $\dfrac{nr}{m^2}$　(19) $m^2 nr$

(20) $mn^2 r$　(21) $\dfrac{n^2 r}{m^2}$　(22) $m^2 n^2 r$

(23) $\dfrac{2\,mnE^2}{r}$　(24) $\dfrac{mnE^2}{r}$　(25) $\dfrac{mnE^2}{2\,r}$

(26) $\dfrac{mnE^2}{4\,r}$　(27) $\dfrac{2\,m(n-4)}{r}E$　(28) $\dfrac{m(n-4)}{2\,r}E$

(29) $\dfrac{m(n-8)}{2\,r}E$　(30) $\dfrac{n(m-8)}{2\,r}E$　(31) $\dfrac{2\,m(n-2)}{r}E$

(32) $\dfrac{m(n-2)}{r}E$　(33) $\dfrac{n-2}{2\,r}E$　(34) $\dfrac{n(m-4)}{2\,r}E$

左のページは白紙です。

3 次の文中の $\boxed{(ア)}$ ～ $\boxed{(カ)}$ にあてはまる適当なものを指定の**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定欄にマークしなさい。

(15 点)

なめらかに動くピストンのついた容器に，1 mol の単原子分子理想気体を入れ，圧力 P_A〔Pa〕，体積 V_A〔m^3〕，温度 T_A〔K〕の状態 A から，**図 3－1** のように，A → B → C → D → A と変化させた。A → B，および C → D は定積変化であり，B → C，および D → A は断熱変化である。断熱変化では圧力 P〔Pa〕と体積 V〔m^3〕の間で，$PV^{\gamma} =$ 一定 $\left(\gamma = \dfrac{5}{3}\right)$ という関係式がなりたつ。なお，定積モル比熱を C_v〔J/(mol･K)〕とする。

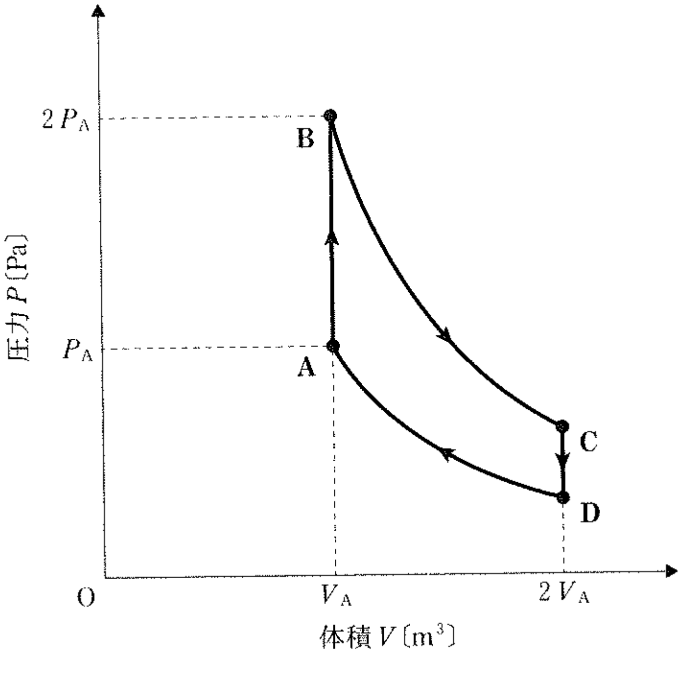


図 3－1

◇M6(461—93)

(1)　状態B，C，Dの気体の温度をそれぞれ，T_B〔K〕，T_C〔K〕，T_D〔K〕としたとき，$\dfrac{T_B}{T_A}=$ $\boxed{\quad(ア)\quad}$，$\dfrac{T_C}{T_D}=$ $\boxed{\quad(イ)\quad}$ である。また，状態A，B，C，Dにおける温度の大小関係は $\boxed{\quad(ウ)\quad}$ となる。

(2)　A → Bで気体が外部から吸収した熱量は $\boxed{\quad(エ)\quad}$ $C_V T_A$〔J〕であり，C → Dで気体が外部に放出した熱量は $\boxed{\quad(オ)\quad}$ $C_V T_A$〔J〕である。

(3)　A → B → C → D → Aの状態変化を熱機関のサイクルとみなしたとき，その熱効率は $\boxed{\quad(カ)\quad}$ である。

(ア)，(イ)の解答群

(0) 0

(1) $\frac{1}{4}$　(2) $\frac{1}{2}$　(3) 1　(4) 2

(5) 4　(6) $2^{-\frac{3}{2}}$　(7) $2^{-\frac{2}{3}}$　(8) $2^{\frac{2}{3}}$

(9) $2^{\frac{3}{2}}$

(ウ)の解答群

(1) $T_A < T_B < T_C < T_D$　(2) $T_A < T_C < T_D < T_B$

(3) $T_A < T_D < T_B < T_C$　(4) $T_A < T_D < T_C < T_B$

(5) $T_D < T_A < T_C < T_B$　(6) $T_D < T_C < T_A < T_B$

(エ)～(カ)の解答群

(10) 0

(11) $\frac{1}{4}$　(12) $\frac{1}{2}$　(13) 1

(14) 2　(15) 4　(16) $2^{-\frac{5}{3}}$

(17) $2^{-\frac{3}{2}}$　(18) $2^{-\frac{2}{3}}$　(19) $2^{-\frac{1}{3}}$

(20) $2^{\frac{1}{3}}$　(21) $2^{\frac{2}{3}}$　(22) $2^{\frac{3}{2}}$

(23) $2^{\frac{5}{3}}$　(24) $(1 - 2^{-\frac{2}{3}})$　(25) $(1 - 2^{-\frac{1}{3}})$

(26) $(1 - 2^{\frac{1}{3}})$　(27) $(1 - 2^{\frac{2}{3}})$　(28) $(1 + 2^{-\frac{2}{3}})$

(29) $(1 + 2^{-\frac{1}{3}})$　(30) $(1 + 2^{\frac{1}{3}})$　(31) $(1 + 2^{\frac{2}{3}})$

左のページは白紙です。

4 次の文中の $\boxed{(ア)}$ ～ $\boxed{(カ)}$ にあてはまる最も適当なものを指定の**解答群**の中から選び，その番号を**解答用マークシート**の指定欄にマークしなさい。

(10 点)

x 軸上を正の向きに速さ v〔m/s〕で進む正弦波がある。正弦波は横波で，y 軸を媒質の変位の方向にとり，原点を O とする。$x = 0$ および $x = x_0$〔m〕の媒質を，それぞれ P，Q とする。**図 4－1** は時刻 $t = 0$ における媒質の変位のようすを表し，このとき媒質 P，Q の変位は $y = 0$ である。正弦波の振幅は A〔m〕，振動数は f〔Hz〕である。

この正弦波において，任意の時刻 t〔s〕，位置 x〔m〕における媒質の変位 y〔m〕は，

$$y = A\sin\left\{2\pi f\left(t - \frac{x}{v}\right)\right\}$$

と表される。これは，ある特定の位置 x〔m〕の媒質を考えると，その媒質が単振動をしていることを示している。以下，必要であればこの式を利用してもよい。

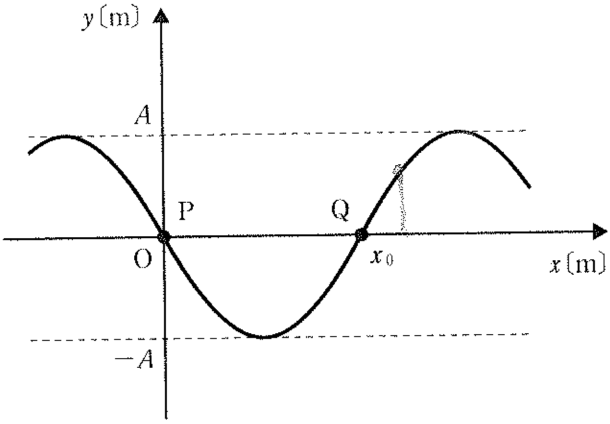


図 4－1　時刻 $t = 0$ における媒質の変位のようす

媒質の単振動の角振動数をω〔rad/s〕とすると，$\omega =$ $\boxed{\quad (ア) \quad}$ 〔rad/s〕であり，媒質Pの変位y〔m〕は，

$$y = A\sin(\omega t)$$

と表される。媒質Pがy軸の正の向きに動き，その速さが最大となるのは，$\omega t =$ $\boxed{\quad (イ) \quad}$ 〔rad〕のときである。媒質Pの速さの最大値は $\boxed{\quad (ウ) \quad}$ 〔m/s〕である。

次に，媒質Qの単振動について考える。**図4−1**のようすから，$x_0 =$ $\boxed{\quad (エ) \quad}$ 〔m〕と表せる。媒質Qは，媒質Pと異なる位相で単振動をしている。その位相差をα〔rad〕($0 < \alpha < 2\pi$)とすると，$\alpha =$ $\boxed{\quad (オ) \quad}$ 〔rad〕であり，媒質Qの変位y〔m〕は，

$$y = A\sin(\omega t - \alpha)$$

と表される。媒質Qがy軸の正の向きに動き，その速さが最大となるのは，$\omega t =$ $\boxed{\quad (カ) \quad}$ 〔rad〕のときである。

(ア)の解答群

(1) $\frac{1}{2}\pi f$　(2) πf　(3) $\sqrt{2}\,\pi f$　(4) $2\pi f$

(イ)の解答群（この解答群で，n は整数である。）

(1) $\frac{1}{2}n\pi$　(2) $n\pi$　(3) $2n\pi$

(4) $(2n+1)\pi$　(5) $\left(n+\frac{1}{2}\right)\pi$　(6) $\left(2n+\frac{1}{2}\right)\pi$

(7) $\left(n+\frac{1}{4}\right)\pi$　(8) $\left(2n+\frac{1}{4}\right)\pi$

(ウ)の解答群

(1) $\frac{1}{2}v$　(2) v　(3) $\frac{1}{\sqrt{2}}v$　(4) $\sqrt{2}\,v$

(5) $\frac{1}{2}\pi Af$　(6) πAf　(7) $\frac{3}{2}\pi Af$　(8) $2\pi Af$

(エ)の解答群

(1) $\frac{v}{4f}$　(2) $\frac{v}{3f}$　(3) $\frac{v}{2f}$　(4) $\frac{v}{f}$

(オ)の解答群

(1) $\frac{1}{4}\pi$　(2) $\frac{1}{2}\pi$　(3) $\frac{3}{4}\pi$　(4) π

(5) $\frac{5}{4}\pi$　(6) $\frac{3}{2}\pi$　(7) $\frac{7}{4}\pi$

(カ)の解答群（この解答群で，n は整数である。）

(1) $\frac{1}{2}n\pi$　(2) $n\pi$　(3) $2n\pi$

(4) $(2n+1)\pi$　(5) $\left(n+\frac{1}{2}\right)\pi$　(6) $\left(2n+\frac{1}{2}\right)\pi$

(7) $\left(n+\frac{1}{4}\right)\pi$　(8) $\left(2n+\frac{1}{4}\right)\pi$

左のページは白紙です。