平成26年度　　〔試験時間　80分〕

A3 物理　A4 化学　A5 生物

この冊子は，物理，化学および生物の問題を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16ページまであります。
化学の問題は，17ページより31ページまであります。
生物の問題は，32ページより58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，解答用紙に志望学科と受験番号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，さらに受験番号と志望学科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上部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 $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(コ)}}$ にあてはまる適当なものを**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。　(40 点)

(1)　図 1－1(a)のように内側がなめらかな細長い管の中に，質量 m[kg] の小球が入っている。小球は管の一端と，ばね定数 k[N/m]，自然な長さ L[m] のばねで結ばれている。

この細長い管を，図 1－1(b)のように水平な回転台の上に固定した。回転軸は鉛直で回転台の中心を通っており，細長い管の一端も回転台の中心にある。以下では，ばねの質量を無視できるものとする。また，観測者は回転台の上に乗っているとする。

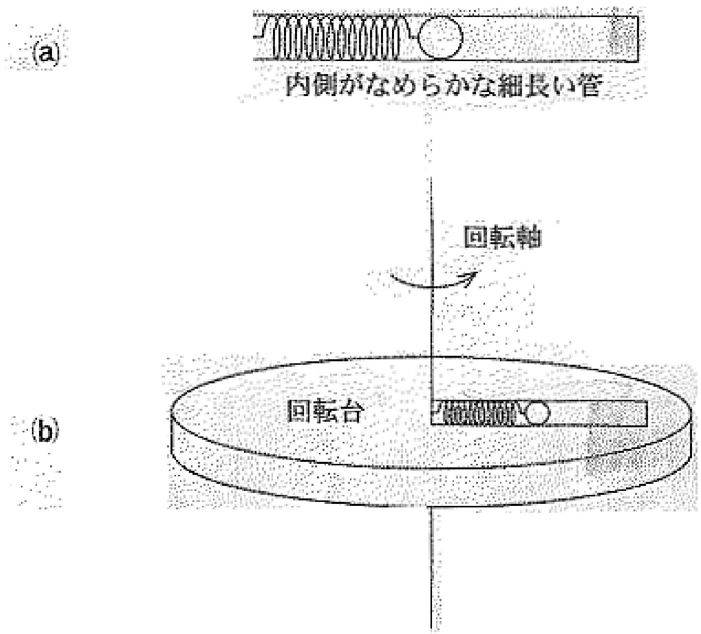


図 1－1

回転台の中心から測った小球の位置を r[m]とし，そのとき観測者から見た小球に作用する力のうち管に平行な成分を F[N]とする。図 1－2 のグラフは，回転台の回転の角速度 ω[rad/s]が異なる 3 つの場合について，r と F の関係を描いたものである。ただし，力 F[N]の向きは，回転軸から遠ざかる向きを正とする。

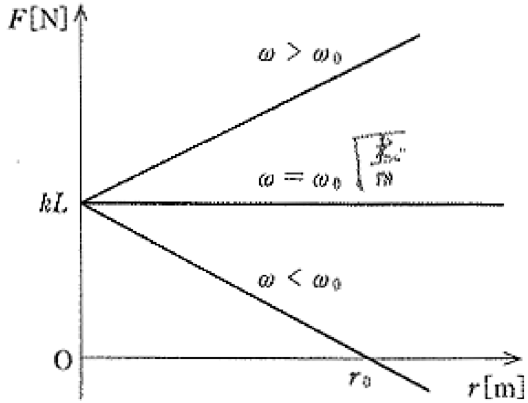


図 1－2

図 1－2 において，$\omega_0 =$ $\boxed{(ア)}$ [rad/s]，$r_0 =$ $\boxed{(イ)}$ [m]である。また，$\omega < \omega_0$ のとき，小球の運動は $r = r_0$ を中心とする単振動となる。その周期は $T =$ $\boxed{(ウ)}$ [s]である。

(ア)の解答群

(1) $\sqrt{\dfrac{k}{m}}$　　(2) $2\sqrt{\dfrac{k}{m}}$　　(3) $\sqrt{\dfrac{2k}{m}}$　　(4) $\sqrt{\dfrac{k}{2m}}$

(イ)の解答群

(1) $\dfrac{m}{k}\omega^2 L$　　(2) $\dfrac{1}{1+\dfrac{m}{k}\omega^2}L$　　(3) $\dfrac{1}{1-\dfrac{m}{k}\omega^2}L$

(ウ)の解答群

(1) $2\pi\sqrt{\dfrac{m}{k}\omega^2}$　　(2) $\dfrac{2\pi}{\omega^2}\sqrt{\dfrac{k}{m}-\omega^2}$　　(3) $\dfrac{2\pi}{\sqrt{\dfrac{k}{m}-\omega^2}}$

(2) 図1－3のように，水平な台の上に固定された，内側がなめらかな細長い管の中に，小球1と小球2が入っている。小球1と小球2は，いずれも，質量がm[kg]でQ[C]に帯電している。小球1と小球2は，長さL[m]の糸で結ばれている。糸は自由にたるむが伸びたり縮んだりせず，質量は無視できるものとする。

小球2をいったん$\frac{L}{2}$だけ押し込んで，その後に解放した。クーロン力の比例係数をk[Nm²/C²]とすると，小球2が元の位置に戻る直前の速さは，$V =$ $\boxed{\text{(エ)}}$ [m/s]である。

小球2が元の位置へ戻った瞬間，糸がピンと張って撃力として互いに引き合う力(張力)が働く。また，張力が働く前後で力学的エネルギーと運動量は保存される。以上より，張力が働いた直後の小球1の速さは$v_1 =$ $\boxed{\text{(オ)}}$ [m/s]，小球2の速さは$v_2 =$ $\boxed{\text{(カ)}}$ [m/s]と求められる。

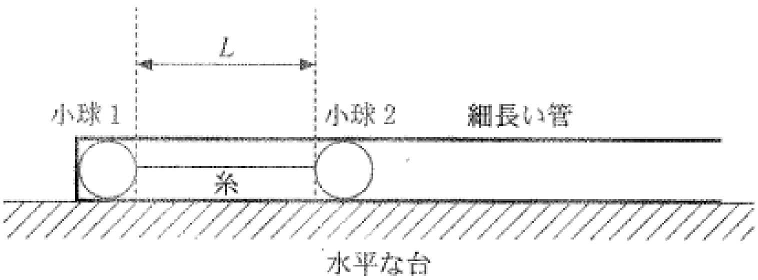


図1－3

(エ)の解答群

(0) $\sqrt{\frac{kQ^2}{mL}}$　(1) $\sqrt{\frac{2kQ^2}{mL}}$　(2) $\sqrt{\frac{kQ^2}{2mL}}$　(3) $2\sqrt{\frac{2kQ^2}{mL}}$

(オ)と(カ)の解答群

(0) 0　(1) $\frac{1}{4}V$　(2) $\frac{1}{3}V$　(3) $\frac{1}{2}V$

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

右のページは白紙です。

(3) 図1－4のように鉛直な粗い壁があり，座標軸を図のようにとった。一様でまっすぐな長さ $2a$[m]の棒の一端を原点Oで壁に垂直に当てた。棒の点C(x 軸上で x[m]の位置)に質量が無視できる糸をつけて，壁の点H(y 軸上で h[m]の位置)に引っ張って固定した。ただし，棒の質量を m[kg]，重力加速度の大きさを g[m/s^2]とする。また，$x > a$ とし，糸の長さは点Cの位置によって変わるものとする。

棒に働く力のつりあいと力のモーメントのつりあいから，点Cにおける糸の張力の大きさは $T =$ $\boxed{\text{(キ)}}$ [N]，原点で棒に働く垂直抗力の大きさは $R =$ $\boxed{\text{(ク)}}$ [N]，摩擦力の大きさは $F =$ $\boxed{\text{(ケ)}}$ [N]と求まる。棒が滑らず壁に固定できる最大の x は b[m]であった。壁の静止摩擦係数は $\boxed{\text{(コ)}}$ である。

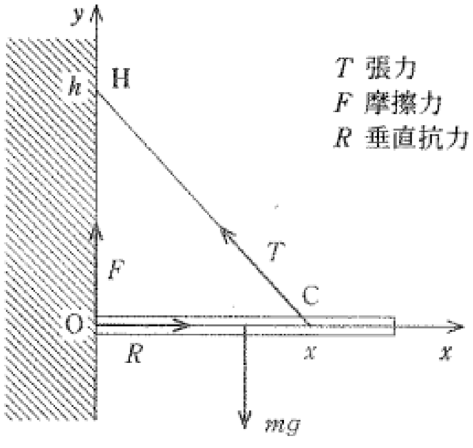


図1－4

(キ)の解答群

(1) $\dfrac{a}{x}\sqrt{1+\left(\dfrac{h}{x}\right)^2}\,mg$　　(2) $\dfrac{a}{h}\sqrt{1+\left(\dfrac{h}{x}\right)^2}\,mg$

(3) $\dfrac{ah}{x\sqrt{x^2+h^2}}\,mg$　　(4) $\dfrac{a}{\sqrt{x^2+h^2}}\,mg$

(ク)の解答群

(1) $\dfrac{a}{h}\,mg$　　(2) $\dfrac{a}{x}\,mg$

(3) $\dfrac{ah}{x^2+h^2}\,mg$　　(4) $\dfrac{ax}{x^2+h^2}\,mg$

(ケ)の解答群

(1) $\left(1-\dfrac{ah}{x^2+h^2}\right)mg$　　(2) $\left(1-\dfrac{ah^2}{x(x^2+h^2)}\right)mg$

(3) $\left(1-\dfrac{ah}{x^2}\right)mg$　　(4) $\left(1-\dfrac{a}{x}\right)mg$

(コ)の解答群

(1) $\dfrac{b^2+h^2}{ah}-\dfrac{h}{b}$　　(2) $\dfrac{b^2+h^2}{ab}-\dfrac{h}{b}$

(3) $\left(\dfrac{b}{a}-1\right)\dfrac{h}{b}$　　(4) $\dfrac{b}{a}-\dfrac{h}{b}$

2 次の文中の $\boxed{\quad(ア)\quad}$ ～ $\boxed{\quad(カ)\quad}$ にあてはまる最も近い数値を**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。 (20点)

図2−1のように，断面積 $1.0 \times 10^{-2}\,\mathrm{m^2}$ のピストン付き円筒容器が水平な台の上に置かれている。容器は断熱材でできているが，ピストンは熱をよく伝える素材でできている。ピストンは，容器内を滑らかに動く。円筒容器の底からピストンまでの距離を x_{I}[m]とする。ピストン，容器，断熱材の仕切り，ふたの熱容量は無視できるとする。外気圧は $1.0 \times 10^5\,\mathrm{Pa}$，外気温は300 Kである。

この問題で扱う気体(気体Ⅰ，気体Ⅱ)は，単原子分子理想気体0.12 molであり，下記の表の状態について考える。気体定数は $R = 8.31\,\mathrm{J/(mol \cdot K)}$ であるから，物質量 $n = 0.12\,\mathrm{mol}$ の理想気体のとき，$nR \fallingdotseq 1.0\,\mathrm{J/K}$ と近似できる。

		温度(K)	距離(m)
状態A	気体Ⅰ	300	$x_{\mathrm{I}} = 0.30$
状態B	気体Ⅰ	300	$x_{\mathrm{I}} = 0.20$
状態C	気体Ⅰ	300	$x_{\mathrm{I}} = 0.20$
	気体Ⅱ	420	$x_{\mathrm{II}} = 0.40$

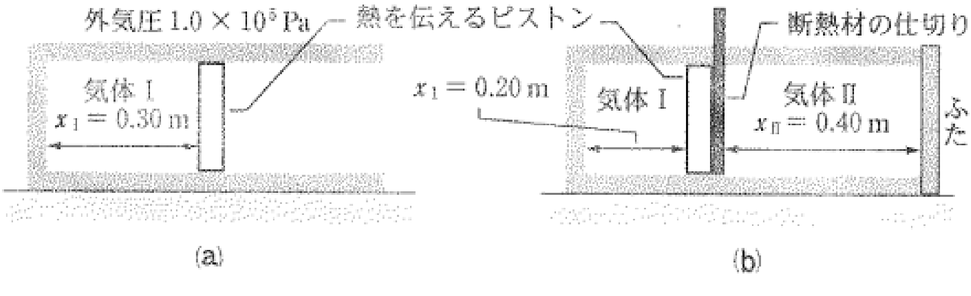


図2−1

(1) 図2－1(a)は状態Aを表し，$x_{\mathrm{I}}=0.30\,\mathrm{m}$である。容器には0.12 molの気体I（単原子分子理想気体）が封入されており，気体は熱平衡状態にある。状態Aから，ピストンを断熱材の棒でゆっくりと押し込んで，$x_{\mathrm{I}}=0.20\,\mathrm{m}$とした（状態B）。状態A→状態Bの間に，ピストンを通して気体Iから$1.22\times10^{2}\,\mathrm{J}$だけの熱量が外部に放出された。状態A→状態Bの間に，外気がした仕事は $\boxed{\text{(ア)}}$ $\times10^{2}\,\mathrm{J}$，棒がした仕事は $\boxed{\text{(イ)}}$ Jである。

(2) 気体Iについては状態Bを維持したまま，図2－1(b)のようにピストンを厚さの無視できる断熱材の仕切りで固定した。さらに，ピストンの右側に気体II（単原子分子理想気体）を断熱材のふたで封じ込んだ。ふたからピストンまでの距離をx_{II}[m]とする。気体I，気体IIは共に0.12 mol，気体Iの温度は300 K，気体IIの温度は420 Kであった。また，$x_{\mathrm{I}}=0.20\,\mathrm{m}$，$x_{\mathrm{II}}=0.40\,\mathrm{m}$であった（状態C）。状態Cのとき，気体Iと気体IIの内部エネルギーの総和は，$\boxed{\text{(ウ)}}$ $\times10^{2}\,\mathrm{J}$である。

断熱材の仕切りを取り除くと，ピストンは動き始めた。そして，十分に長い時間が経つと気体Iと気体IIは熱平衡状態となり，ピストンは静止した。このとき，気体Iと気体IIの温度は $\boxed{\text{(エ)}}$ Kである。また，このとき$x_{\mathrm{I}}=$ $\boxed{\text{(オ)}}$ m，気体Iと気体IIの圧力は $\boxed{\text{(カ)}}$ $\times10^{5}\,\mathrm{Pa}$である。

(ア)〜(カ)の解答群

(10)	0.10	(11)	0.20	(12)	0.30	(13)	0.40	(14)	0.50
(15)	1.0	(16)	1.1	(17)	1.2	(18)	1.3	(19)	1.4
(20)	1.5	(21)	2.0	(22)	3.0	(23)	4.0	(24)	5.0
(25)	11	(26)	22	(27)	33	(28)	44	(29)	55
(30)	320	(31)	340	(32)	360	(33)	380	(34)	400

左のページは白紙です。

3 次の文中の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(オ)}}$ にあてはまる適当なものを**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）

(1) 回折格子とスクリーンを，空気中(屈折率 1.0)で 2.0 m 離して，平行に配置した。回折格子の筋の数は 1.0 cm 当たり 500 本である。回折格子と垂直にレーザー光を入射すると，スクリーン上に明線が 6.3 cm 間隔で並んだ。入射光と回折した光のなす角 θ[rad]は微小で，$\sin\theta \fallingdotseq \tan\theta$ が成り立つとすれば，空気中でのレーザー光の波長は $\boxed{\text{(ア)}}$ $\times 10^{-7}$ m と求められる。

上の実験を，屈折率が未知の媒質の中で行ったところ，スクリーン上の明線の間隔が 4.2 cm となった。この媒質の屈折率は $\boxed{\text{(イ)}}$ である。また，この媒質中でのレーザー光の波長は $\boxed{\text{(ウ)}}$ $\times 10^{-7}$ m である。

(ア)～(ウ)の**解答群**

(1) 1.5	(2) 2.1	(3) 3.4	(4) 4.2	(5) 5.9
(6) 6.3	(7) 7.6	(8) 8.9	(9) 9.5	

(2) 振動数がわずかに異なる2つのおんさを同時に鳴らすと，うなりと呼ばれる音の大小変化を，周期的にくり返す。

いま，2つのおんさの振動数をf_1[Hz]，f_2[Hz]とし，うなりの周期を0.10 sとしよう。このとき，1秒間に生じるうなりの回数は $\boxed{\text{(エ)}}$ 回である。そして，$f_1 > f_2$，$f_2 = 118$ Hz であれば，$f_1 = \boxed{\text{(オ)}}$ Hz と求められる。

(エ)，(オ)の解答群

(1) 10	(2) 12	(3) 14
(4) 122	(5) 125	(6) 128

4 次の文中の $\boxed{(ア)}$ ～ $\boxed{(ケ)}$ にあてはまる適当なものを**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。　(30 点)

(1) 図 4－1 のように座標軸を定め，$x \leqq 0$ の領域に，紙面の裏から表に向かって，磁束密度 B[T] の一様な磁場が加えられている。また，紙面と平行に，一辺の長さが a[m] の 1 巻きの正方形コイルが置かれている。

正方形コイルからは，x 軸と平行に，一対の導線が伸びている。この部分は，正方形コイルに電流を流したり，また正方形コイルに生じる誘導起電力を測定する際に用いるもので，以下の解答の際には，その影響を無視してよい。

(a) 図 4－1(a)のように，図の矢印の向きに電流 I を流した場合について考える。このとき，磁場により辺 BC が受ける力の大きさは，$\boxed{(ア)}$ [N]である。さらに，正方形コイル全体が受ける力の大きさは，$\boxed{(イ)}$ [N]である。

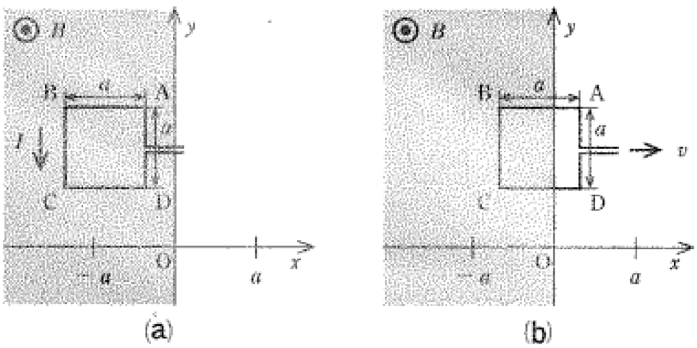


図 4－1

(ア)，(イ)の解答群

(0) 0　　(1) $\dfrac{aBI}{4}$　　(2) $\dfrac{aBI}{2}$

(3) aBI　　(4) $2aBI$　　(5) $4aBI$

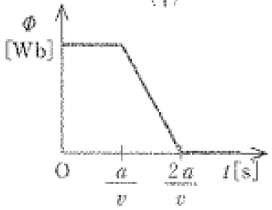
(b)　正方形コイルから x 軸と平行に伸びている一対の導線に，内部抵抗の大きい電圧計を接続した。図4－1(b)のように，正方形コイルを x 軸の正の向きに，一定の速さ v[m/s]で引き出す。

正方形コイルの辺ADが $x=-a$ にあるとき，時刻を0sとする。時刻 t[s]とコイルを貫く磁束の大きさ Φ[Wb]の関係は，$\boxed{\text{(ウ)}}$ のグラフで与えられる。

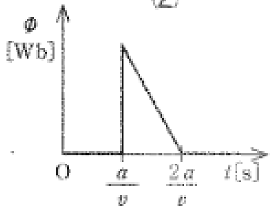
正方形コイルの一部が $x>0$ の領域に入ってくると，正方形コイルには誘導起電力が生じる。$\dfrac{a}{v}<t<\dfrac{2a}{v}$ での誘導起電力の大きさは，$\boxed{\text{(エ)}}$ [V]である。ただし，正方形コイルに流れる電流がつくる磁場の影響は無視できるものとする。

(ウ)の解答群

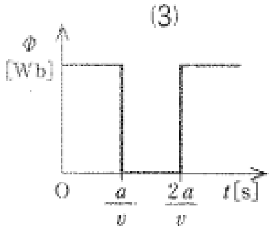
(1)



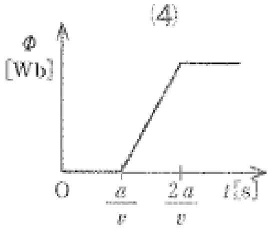
(2)



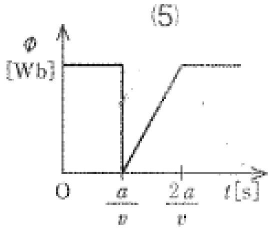
(3)



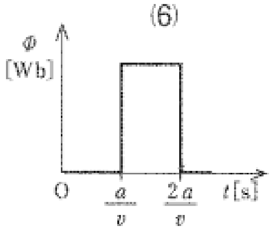
(4)



(5)



(6)



(エ)の解答群

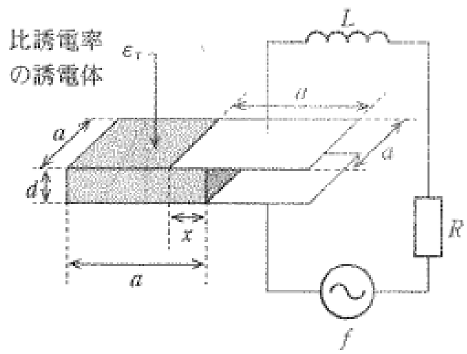
(1) $\dfrac{aBv}{4}$　　(2) $\dfrac{aBv}{2}$　　(3) aBv

(4) $2\,aBv$　　(5) $4\,aBv$

(2) 図4－2(a)に示すように，極板間距離がd[m]で，1辺がa[m]である平行平板コンデンサーがある。dはaに比べて十分に小さいものとする。図4－2(a)のように，平行平板コンデンサーを比誘電率ϵ_rの誘電体で，x[m]だけ満たした。このとき平行平板コンデンサーの電気容量は，$\boxed{\quad(オ)\quad}$[F]である。ただし，真空の誘電率をϵ_0とする。

図4－2(a)のように，平行平板コンデンサーにインダクタンスL[H]のコイル，電気抵抗値R[Ω]が小さい抵抗，交流電源を接続した。交流電源の周波数はf[Hz]で，電圧の実効値は一定に保たれる。誘電体で満たした距離x[m]と回路を流れる電流の実効値I_e[A]の関係を調べた。その結果，図4－2(b)に示すように，$x = x_{max}$でI_eの最大値を得た。$x_{max} = \boxed{\quad(カ)\quad}$[m]である。

(a)



(b)

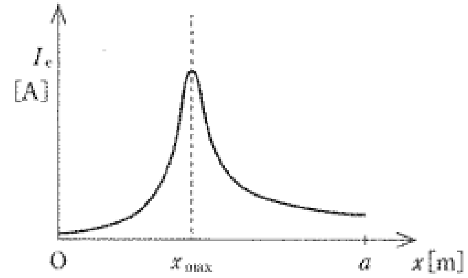


図4－2

(オ)の解答群

(1) $\dfrac{a\varepsilon_0}{d}\{x(\varepsilon_r-1)+a\}$

(2) $\dfrac{d\varepsilon_0}{a}\{x(\varepsilon_r-1)+a\}$

(3) $\dfrac{d\varepsilon_0}{a}\{\varepsilon_r(a-x)+x\}$

(4) $\dfrac{a\varepsilon_0}{d}\{\varepsilon_r(a-x)+x\}$

(カ)の解答群

(1) $\dfrac{d}{4\pi^2f^2La\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)}+\dfrac{a}{\varepsilon_r-1}$

(2) $\dfrac{d}{4\pi^2f^2La\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)}-\dfrac{a}{\varepsilon_r-1}$

(3) $\dfrac{a}{4\pi^2f^2Ld\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)}+\dfrac{d}{\varepsilon_r-1}$

(4) $\dfrac{a}{4\pi^2f^2Ld\varepsilon_0(\varepsilon_r-1)}-\dfrac{d}{\varepsilon_r-1}$

(3) 図4－3のように，1個5.0Ωの抵抗をx個直列につなぎ，それをy個並列につないだ回路がある。抵抗の総数はxyである。次の条件の下で，総数xyができるだけ小さくなるxとyの組み合わせを求めたい。

条件 1. 図4－3のように，内部抵抗が無視できる10Vの直流電源を接続する。このとき，回路全体での消費電力は10Wでなければならない。

条件 2. 抵抗1個当たりの消費電力は1.5W以下でなければならない。

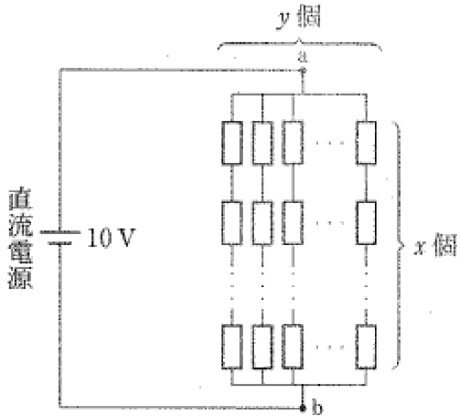


図4－3

ab間の合成抵抗の値を，xとyを用いて表わすと，(キ) [Ω]である。

条件1と条件2の下で，抵抗の総数xyができるだけ小さくなるxとyの組み合わせは，x = (ク) 個，y = (ケ) 個となる。

(キ)の解答群

(1) $1/xy$　(2) $5/xy$　(3) $5xy$　(4) $5y/x$

(5) $5x/y$　(6) $x/5y$　(7) $y/5x$　(8) y/x

(ク)，(ケ)の解答群

(1) 1　(2) 2　(3) 3　(4) 4　(5) 5

(6) 6　(7) 8　(8) 16　(9) 32　(10) 64