平成23年度　　　　　　　　　　　　　　　　〔試験時間　80分〕

G３ 物理　G４ 化学　G５ 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33ページまであります。
生物の問題は，34ページより67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・受験番号を記入してください。解答用マークシートには受験番号及び氏名を記入し，さらに受験番号・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) 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 次の文の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(コ)}}$ の中に入れるべき正しい答えを指定の**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。

(35 点)

(1) 次の回転運動について，以下の問いに答えよ。ただし，重力加速度の大きさを g とする。

(a) **図1－1**のように，自然の長さ ℓ_0，ばね定数 k のばねの上端を固定し，下端につるした質量 m の小球を，水平面内で等速円運動をさせた円すい振り子がある。ばねの質量や小球の大きさは無視できるものとする。

ばねが鉛直方向と α の角をなすとき，ばねの長さは $L=$ $\boxed{\text{(ア)}}$ である。また，このばねの長さ L を用いると，小球の単位時間あたりの回転数は，$\boxed{\text{(イ)}}$ と表される。

この問いの計算結果は，3ページの**問(c)**でも用いる。

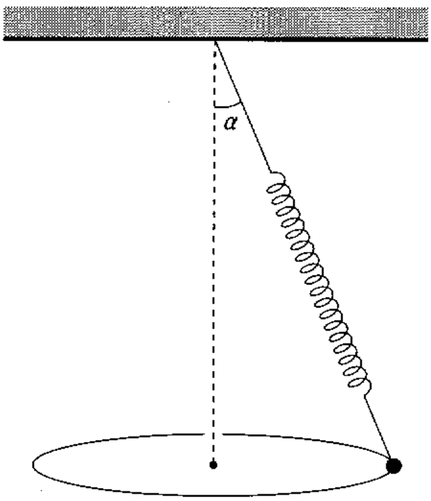


図1－1

(ア), (イ)の解答群

(1) $\ell_0 + \dfrac{mg}{k}$ (2) $\ell_0 + \dfrac{mg}{k \sin \alpha}$ (3) $\ell_0 + \dfrac{mg}{k \cos \alpha}$

(4) $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g}{L}}$ (5) $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g}{L \sin \alpha}}$ (6) $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{g}{L \cos \alpha}}$

(b) 図1－2のように，なめらかな内面をもつ半頂角 β の直円すい状の容器がある。頂点を原点Oとして，鉛直上向きに z 軸をとる。

大きさの無視できる質量 m の小球を，直円すい内面上で滑らせながら，水平面内で速さ v_0 の等速円運動をさせる。このとき，小球の運動する高さは $z =$ [(ウ)] である。

(c) 図1－1および図1－2において，小球の角速度が等しく，かつ回転半径も等しいとき，$\alpha + \beta =$ [(エ)] である。

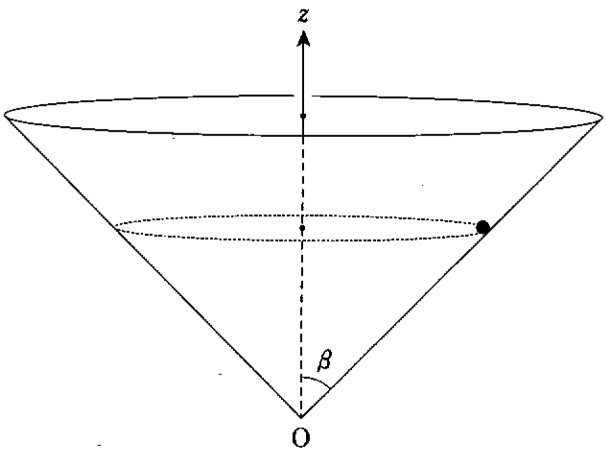


図1－2

(ウ), (エ)の解答群

(1) $\dfrac{\pi}{3}$　　(2) $\dfrac{\pi}{2}$　　(3) $\dfrac{2\pi}{3}$

(4) $\dfrac{v_0^2}{g}$　　(5) $\dfrac{v_0^2 \tan\beta}{g}$　　(6) $\dfrac{v_0^2}{g \tan\beta}$

(2) **図1－3**のように，地面から鉛直上向きに立った，間隔Lの平行な壁がある。原点O，地面に沿ってx軸，および壁に沿ってy軸をとる。いま，原点Oから水平方向より角度θだけ上向きに，初速の大きさv_0で，小球を打ち出した。小球は両壁の点A_1，A_2，… で弾性衝突を繰り返しながら上昇し，最高点に到達した。小球は最高点に到達した後，再び両壁と弾性衝突を繰り返しながら下降し，着地した。

小球はxy平面内($0 \leqq x \leqq L$)で運動する。また，空中において，小球にはたらく力は重力のみと仮定し，重力加速度の大きさをgとする。

(a) 点A_1で壁に衝突した直後，小球の速度のx成分は $\boxed{\text{(オ)}}$ ，y成分は $\boxed{\text{(カ)}}$ である。

(b) 小球の最高到達点のy座標は，$y =$ $\boxed{\text{(キ)}}$ である。

(c) 小球の最高到達点のx座標が$x = L$の場合，着地点のx座標は$x =$ $\boxed{\text{(ク)}}$ となる。また，最高到達点のx座標が$x = 0$の場合，着地点のx座標は$x =$ $\boxed{\text{(ケ)}}$ となる。さらに，最高到達点のx座標が$x = \dfrac{L}{2}$の場合，着地点のx座標は$x =$ $\boxed{\text{(コ)}}$ となる。

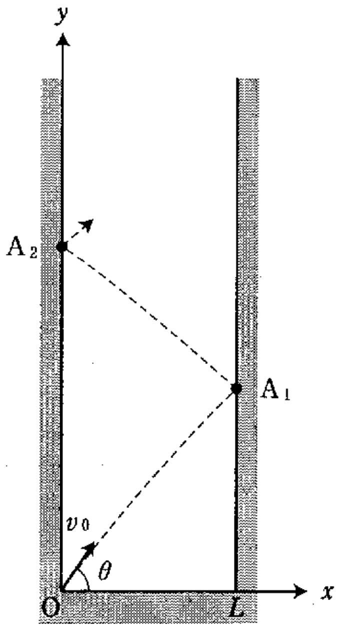


図 1 − 3

(オ)〜(コ)の解答群

(10) 0

(11) $\dfrac{L}{4}$　(12) $\dfrac{L}{2}$　(13) $\dfrac{3L}{4}$　(14) L

(15) $v_0 \sin\theta$　(16) $-v_0 \sin\theta$　(17) $v_0 \cos\theta$　(18) $-v_0 \cos\theta$

(19) $\dfrac{Lg}{v_0 \cos\theta}$　(20) $\dfrac{Lg}{v_0 \sin\theta}$

(21) $v_0 \sin\theta - \dfrac{Lg}{v_0 \cos\theta}$　(22) $v_0 \cos\theta - \dfrac{Lg}{v_0 \sin\theta}$

(23) $\dfrac{{v_0}^2}{g}$　(24) $\dfrac{{v_0}^2}{2g}$

(25) $\dfrac{{v_0}^2 \sin^2\theta}{2g}$　(26) $\dfrac{{v_0}^2 \cos^2\theta}{2g}$

2 次の文の $\boxed{\text{(ア)}}$ ～ $\boxed{\text{(キ)}}$ の中に入れるべき正しい答えを指定の**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。

(20 点)

単原子分子からなる 0.40 mol の理想気体がある。いま，気体は圧力 1.0×10^5 Pa，体積 1.0×10^{-2} m^3，温度 300 K の状態(以後，状態 A という)にある。この状態 A を，次の 4 通りの過程で変化させよう。気体定数は 8.31 J/(mol·K) である。

(1) **図 2－1 (a)**に示す過程 A → B で，状態 A を状態 B に変化させる。この状態変化で，内部エネルギーの変化量は $\boxed{\text{(ア)}}$ $\times 10^3$ J，また気体に入る熱量は $\boxed{\text{(イ)}}$ $\times 10^3$ J である。

(2) **図 2－1 (a)**に示す過程 A → C で，状態 A を状態 C に変化させる。この状態変化で，内部エネルギーの変化量は $\boxed{\text{(ウ)}}$ $\times 10^3$ J，また気体に入る熱量は $\boxed{\text{(エ)}}$ $\times 10^3$ J である。

(3) **図 2－1 (b)**に示す過程 A → D で，状態 A を状態 D に変化させる。このとき，気体に 6.9×10^2 J の熱量を加える。この状態変化で，気体が外にする仕事は $\boxed{\text{(オ)}}$ $\times 10^2$ J である。状態 D で気体の圧力は $\boxed{\text{(カ)}}$ $\times 10^4$ Pa となる。

(4) **図 2－1 (b)**に示す A から E への曲線は，外と熱の出入りを断った気体の，体積と温度の関係を表している。過程 A → E の状態変化で，気体が外にする仕事は $\boxed{\text{(キ)}}$ $\times 10^2$ J である。

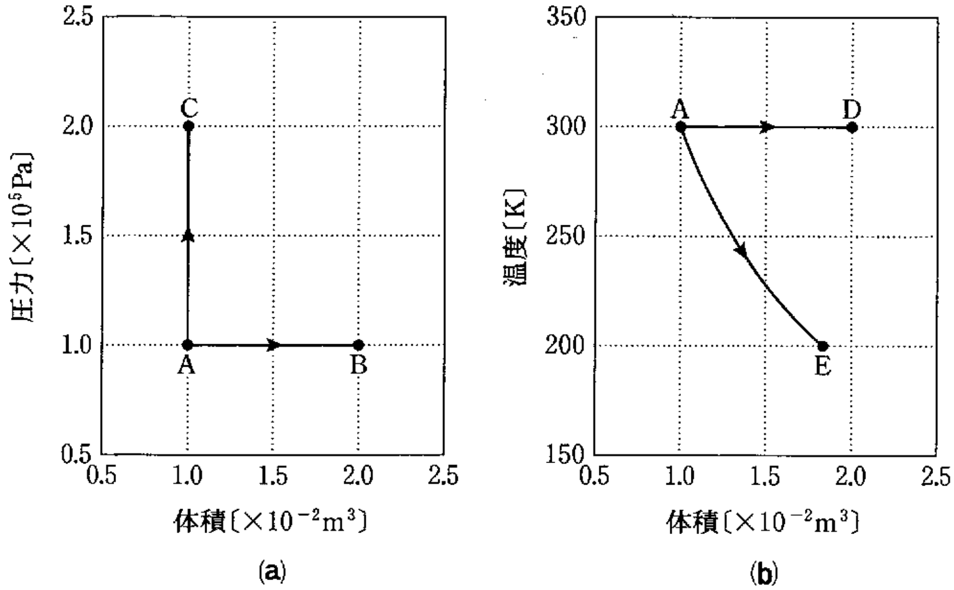


図 2 − 1

(ア)〜(キ)の解答群

(1) 1.5	(2) 2.5	(3) 3.7	(4) 4.1	(5) 5.0
(6) 6.9	(7) 7.8	(8) 8.2	(9) 9.3	

3 次の文の $\boxed{\quad(ア)\quad}$ ～ $\boxed{\quad(エ)\quad}$ の中に入れるべき正しい答えを指定の**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。

(15点)

図3－1のように，波長 λ のレーザー光を十分にせまいスリットに垂直に当てる。光は等間隔 d で並ぶ3本のスリット S_1，S_2，S_3 を通り，遠方の点Pに到達する。スリットと点P間の距離は d に比べて十分に長いので，角 θ_1，θ_2，θ_3 は互いに等しく，すべて θ と見なすことができる。

光は波の性質を持っている。スリット S_1，S_2，S_3 を通り，点Pに到達した波の変位は，S_2P を x として，それぞれ，

$$y_1 = A\sin\left\{\frac{2\pi}{\lambda}(x - \Delta x) - \omega t\right\},\qquad y_2 = A\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \omega t\right),$$

$$y_3 = A\sin\left\{\frac{2\pi}{\lambda}(x + \Delta x) - \omega t\right\}$$

と表すことができる。ここで，A は定数，Δx は隣り合うスリットからの光の経路差，ω は角振動数，t は時間を表す。

点Pにおける波の変位は $y = y_1 + y_2 + y_3$ である。この式は $y = B\sin\left(\frac{2\pi}{\lambda}x - \omega t\right)$ と変形できる。

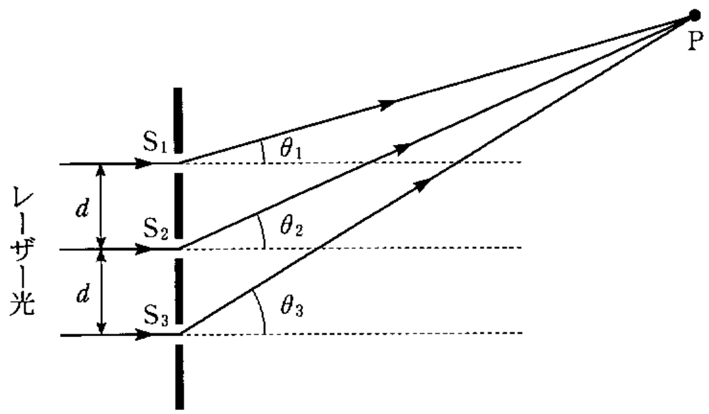


図3－1

(1)　$\Delta x = \dfrac{\lambda}{2}$ の場合，隣り合うスリットからの波は，点Pにおいて打ち消し合う。つまり，点Pにおいて $y_1 + y_2 = 0$，$y_2 + y_3 = 0$ となる。また，点Pにおいて $y_1 = y_3$ である。このとき，$B =$ (ア)，$d \sin\theta =$ (イ) である。

(2)　$\Delta x = \lambda$ の場合，点Pにおいて $y_1 = y_2 = y_3$ となり，3本のスリットからの波は，点Pにおいて強め合う。このとき，$B =$ (ウ)，$d \sin\theta =$ (エ) である。

(ア)〜(エ)の解答群

(10)　0		
(11)　$-3A$	(12)　$-2A$	(13)　$-A$
(14)　A	(15)　$2A$	(16)　$3A$
(17)　$\dfrac{\lambda}{3}$	(18)　$\dfrac{\lambda}{2}$	(19)　λ
(20)　2λ	(21)　3λ	

4 次の文の $\boxed{(ア)}$ ～ $\boxed{(ケ)}$ の中に入れるべき正しい答えを指定の**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。

(30点)

(1) **図4－1**はホイートストンブリッジである。4つの抵抗のうち，抵抗 R_1〔Ω〕だけは温度変化させることのできる容器に入れてある。他の3つの抵抗 $R_2 = 4.0\,\Omega$，$R_3 = 4.0\,\Omega$，$R_4 = 2.0\,\Omega$ は，温度 300 K に保持されている。直流電源 0.80 V と検流計 G（高感度の電流計）の内部抵抗は無視できる。抵抗 R_1，R_2 および検流計 G に流れる電流の正の向きを，**図4－1**の矢印のように定義する。R_1 の電気抵抗は，**図4－2**のように温度変化する。温度 50 K 以下で $R_1 = 0.0\,\Omega$ である。

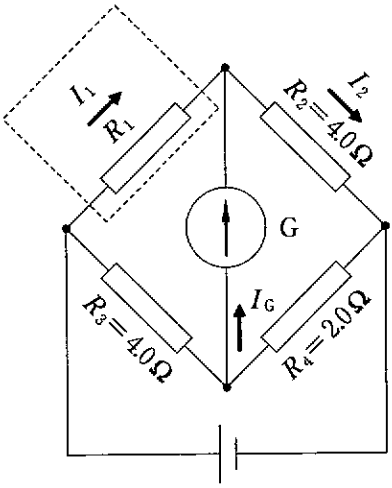


図4－1

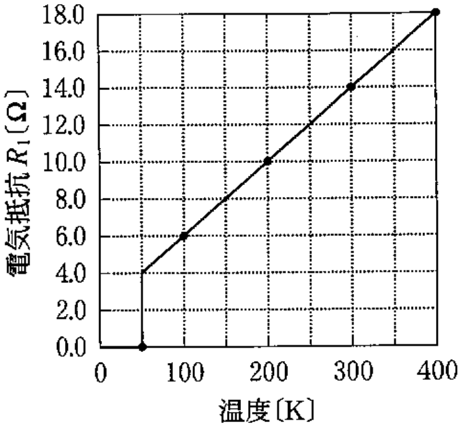


図4－2

図4－1の抵抗 R_1，R_2 に流れる電流を計算すると，それぞれ，

$$I_1 = \frac{3.0}{5.0(R_1 + 1.0)}\text{〔A〕},\qquad I_2 = \frac{R_1 + 4.0}{20(R_1 + 1.0)}\text{〔A〕}$$

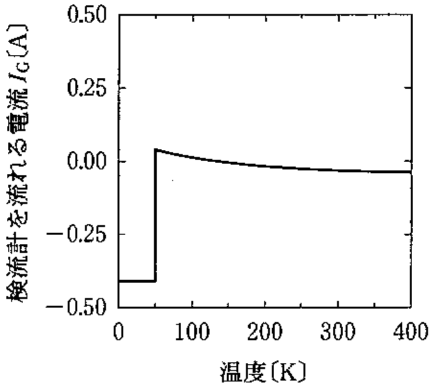
となる。抵抗 R_1 が 300 K のとき，検流計 G を流れる電流 I_G は，$I_G =$ $\boxed{(ア)}$ A である。$I_G = 0.0$ A となる温度は，$\boxed{(イ)}$ K である。また，温度変化にともなう I_G の変化の様子を示すグラフは，$\boxed{(ウ)}$ である。

(ア), (イ)の解答群

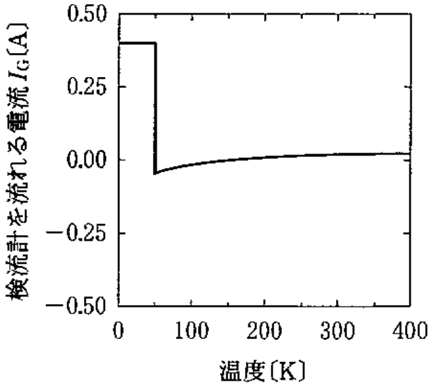
(1) − 0.10	(2) − 0.020	(3) 0.020	(4) 0.10
(5) 50	(6) 120	(7) 150	(8) 180

(ウ)の解答群

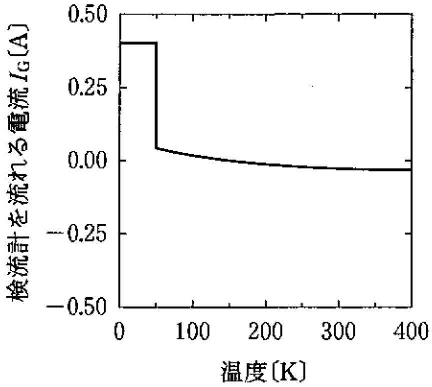
(1)



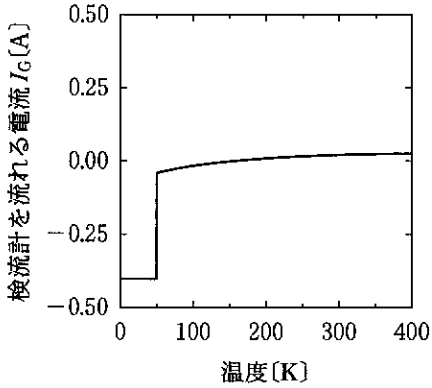
(2)



(3)



(4)



(2) 図4－3のようにxy平面を考える。点A(a, 0)に正の点電荷q, 点B($-a$, 0)に負の点電荷$-q$を固定する。静電気力に関するクーロンの法則の比例定数をk_0とする。

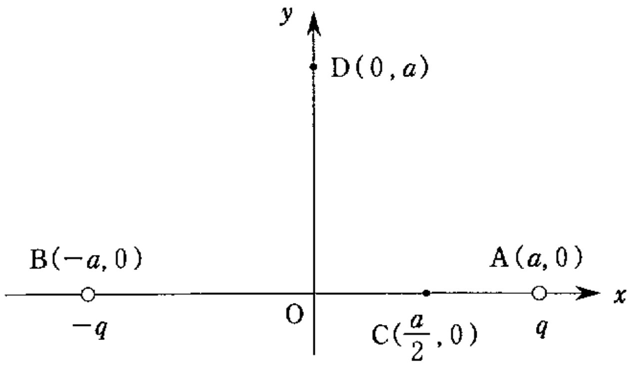


図4－3

点C($\frac{a}{2}$, 0)における電界のx成分は $\boxed{\text{(エ)}}$ である。また，点D(0, a)に正の点電荷Qを置いたとき，この電荷にはたらく力のx成分は $\boxed{\text{(オ)}}$ である。さらに，点Dから原点Oを通り点Cへ，正の点電荷Qをゆっくりと移動させるのに必要な仕事は $\boxed{\text{(カ)}}$ となる。

(エ)～(カ)の解答群

(11) $-\dfrac{40\,k_0q}{9\,a^2}$ (12) $-\dfrac{16\,k_0q}{9\,a^2}$ (13) $\dfrac{32\,k_0q}{81\,a^2}$ (14) $\dfrac{32\,k_0q}{9\,a^2}$

(15) $-\dfrac{\sqrt{2}\,k_0qQ}{a^2}$ (16) $-\dfrac{k_0qQ}{\sqrt{2}\,a^2}$ (17) $\dfrac{k_0qQ}{2\,a^2}$ (18) $\dfrac{k_0qQ}{\sqrt{2}\,a^2}$

(19) $-\dfrac{4\,k_0qQ}{3\,a}$ (20) $-\dfrac{4\,k_0qQ}{5\,a}$ (21) $\dfrac{4\,k_0qQ}{3\,a}$ (22) $\dfrac{8\,k_0qQ}{3\,a}$

(3) 無重力状態において，**図4－4**のようにxy平面を考える。質量および変形を無視できる長さ$2a$の棒の中点を原点Oに置く。棒の両端に，電荷をもつ質点A，Bを固定する。Aの質量はm，電荷は$q(>0)$であり，Bの質量はm，電荷は$-q$である。x軸正の向きに一様な電界$\overrightarrow{E}$があり，その強さをEとする。

質点A，Bが，電界$\overrightarrow{E}$から受ける影響について考える。質点A，Bそれぞれが，$\overrightarrow{E}$から受ける静電気力の大きさは $\boxed{\text{(キ)}}$ である。**図4－4**のように棒が角度θだけ傾いているとき，質点AとBの位置エネルギーの和は$U=$ $\boxed{\text{(ク)}}$ である。ただし，$\theta=\frac{\pi}{2}$のとき$U=0$とする。

θが十分小さいとき，質点Aは単振動する。その振動数は，棒の中点と質点Aについて考えれば，決定することができる。棒の中点は常に原点Oにある。質点Aは**図4－4**の点線で示す円周に沿って変位する。上で求めた(キ)の大きさの力は，質点Aを座標$(a,\ 0)$に引き戻す。以上より，単振動の振動数は $\boxed{\text{(ケ)}}$ と決定される。ただし，振動の減衰は無視できるものとする。

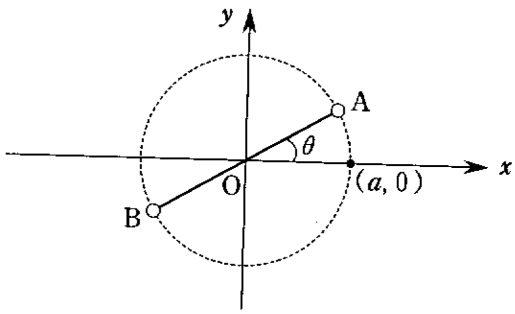


図4－4

(キ)〜(ケ)の解答群

(11) ma　(12) $\dfrac{mk_0E}{a}$　(13) aE　(14) qE

(15) $-2qEa\cos\theta$　(16) $-qEa\sin\theta$　(17) $qEa\sin\theta$　(18) $2qEa\cos\theta$

(19) $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{ma}{qE}}$　(20) $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{qE}{ma}}$

(21) $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{m}{aqE}}$　(22) $\dfrac{1}{2\pi}\sqrt{\dfrac{aqE}{m}}$