平成30年度　　　　　　　　　　　　　　　　〔試験時間　80分〕

U3 物　理　　　　U4 化　学

この冊子は，物理と化学の問題を1冊にまとめてあります。

建築学科，電気電子情報工学科及び機械工学科は物理指定

先端化学科は化学指定

土木工学科は，物理または化学のどちらかを選択

物理の問題は，　1ページより24ページまであります。
化学の問題は，25ページより37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　次の文章中の $\boxed{}$ に入れるべき最も適切なものをそれぞれの**解答群**から選んで，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)

以下では，長さ，質量，時間，角度の単位をそれぞれ m，kg，s，rad とし，重力加速度の大きさを g（単位 $\mathrm{m/s^2}$）とする。また必要に応じて，三角関数の次の性質を用いてよい。(等式の両辺の複号は同順)

$$\sin(\frac{\pi}{2} \pm \theta) = \cos\theta, \qquad \cos(\frac{\pi}{2} \pm \theta) = \mp \sin\theta$$

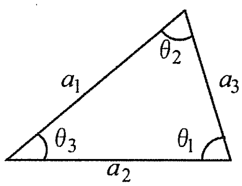
$$\sin(\pi \pm \theta) = \mp \sin\theta, \qquad \cos(\pi \pm \theta) = -\cos\theta$$

$$\sin(\alpha \pm \beta) = \sin\alpha\cos\beta \pm \cos\alpha\sin\beta$$

$$\cos(\alpha \pm \beta) = \cos\alpha\cos\beta \mp \sin\alpha\sin\beta$$

任意の三角形の内角と辺の長さ（下図）について，

$$a_1 \sin\theta_2 = a_2 \sin\theta_1,$$
$$a_2 \sin\theta_3 = a_3 \sin\theta_2,$$
$$a_3 \sin\theta_1 = a_1 \sin\theta_3$$



長さ a の板状の棒の両端に，２つの細くて一様な円柱状物体（丸棒）P，Q がとりつけられている（**図 1-1**）。P と Q の質量はそれぞれ，m と qm であるとする $(q > 0)$。丸棒 P の側面には，一様でじゅうぶん薄いベルトがついていて，まっすぐに張るとベルトの幅の二等分線（中心線）は丸棒 P の軸に垂直になる。板状棒とベルトの質量は無視できるとする。どの棒も曲がったり伸縮したりせず，ベルトは自由に曲がるが，伸びたり切れたりよじれたりすることはない。

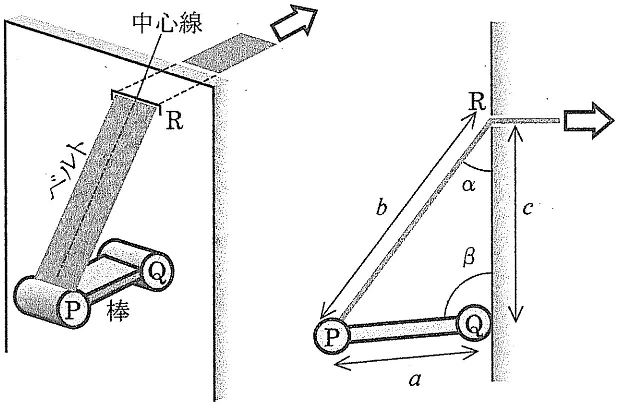


図 1-1 右の図はPとQの重心とベルトの中心線を含む鉛直面で切った断面図である。見やすさのため，PとQの直径など一部の寸法は誇張して描いてある。

(1) **図 1-1** のように，鉛直壁にあけた穴R（ベルトの幅に合わせた横長の穴）にベルトを通し，たるまないように張ってRからPまでのベルトの長さが b となるようにし，PとQの軸をそれぞれ水平かつ壁面に平行に保って，穴Rから下方に距離 c のところでQが壁に押しつけられるようにした。物体Qと壁との間の静止摩擦係数を μ とする。PとQの重心とベルトの中心線は，鉛直で壁に垂直な平面内に常にあり，ベルトと板状棒は，壁とそれぞれ角 $\alpha = \angle \mathrm{PRQ}$ と角 $\beta = \angle \mathrm{PQR}$ をなすとする。ただし，$0 < \beta < \pi$ である（**図 1-1** 右）。

この状態でPとQを静止させられたとして，そのときの力のつりあいを考えよう。板状棒を通してPとQとが押し合っている力の大きさを F_{PQ}，ベルトの張力の大きさを T とする。まず，Pに作用する力の水平（壁面に垂直）成分のつりあいを考えると，$T \sin\alpha - F_{\mathrm{PQ}} \sin\beta = 0$ が成り立つ。また，Pに作用する力の鉛直（壁面に平行）成分のつりあいからは，$\boxed{\text{(ア)}} = mg$ が得られる。これら2つの式から，F_{PQ} と T を求めることができて，$F_{\mathrm{PQ}} = \dfrac{\sin\alpha}{\sin(\alpha+\beta)} mg = \dfrac{a}{c} mg$，および，$T = \boxed{\text{(イ)}} \times mg$ となる。ここで，前ページに記した三角関数の関係式を用いた。Qに作用する力の鉛直成分のつりあいからは，Qに作用する摩擦力の鉛直成分が，上向きを正の向きとして，$F = \boxed{\text{(ウ)}} \times mg$ であることがわかる。

q がある値のとき，$\beta = \dfrac{\pi}{2}$ として，物体 P と Q を静止させられたとする。この状態から出発して，穴 R を通してベルトを徐々に引き上げていくと，はじめ P だけが上昇していった。β が条件 $\boxed{\textbf{(エ)}} > \mu$ を満たしたところで，Q が壁面に沿って滑り落ち始めた。滑り落ち始めるのと同時にベルトを引き上げるのをやめ，穴 R にベルトを再び固定したが，Q は壁面に沿って下降し続け，最後には R-P-Q が壁に沿った鉛直線上に並んで吊り下がった。吊り下がって静止した状態で，ベルトの張力は $\left(\boxed{\textbf{(オ)}}\right) \times mg$ になる。

(ア) の解答群

⓪ $T\sin\beta - F_{\mathrm{PQ}}\sin\alpha$　　① $T\sin\beta + F_{\mathrm{PQ}}\sin\alpha$

② $T\sin\alpha - F_{\mathrm{PQ}}\cos\beta$　　③ $T\sin\alpha + F_{\mathrm{PQ}}\cos\beta$

④ $T\cos\alpha - F_{\mathrm{PQ}}\cos\beta$　　⑤ $T\cos\alpha + F_{\mathrm{PQ}}\cos\beta$

(イ) の解答群

⓪ $\dfrac{a}{b}$　① $\dfrac{b}{a}$　② $\dfrac{b}{c}$　③ $\dfrac{c}{b}$　④ $\dfrac{c}{a}$　⑤ $\dfrac{a}{c}$

(ウ) の解答群

⓪ $\dfrac{qc - a\sin\beta}{c}$　① $\dfrac{qc - a\cos\beta}{c}$　② $\dfrac{a\sin\beta + qc}{c}$　③ $\dfrac{a\cos\beta + qc}{c}$

④ $-\dfrac{\mu a\sin\beta}{c}$　⑤ $-\dfrac{\mu a\cos\beta}{c}$　⑥ $\dfrac{\mu a\sin\beta}{c}$　⑦ $\dfrac{\mu a\cos\beta}{c}$

(エ) の解答群

⓪ $\dfrac{b\sin\beta + qa}{b\cos\beta}$　① $\dfrac{qa\sin\beta + b}{a\cos\beta}$　② $\dfrac{b\cos\beta + qa}{b\sin\beta}$　③ $\dfrac{qa\cos\beta + b}{a\sin\beta}$

④ $\dfrac{a\sin\beta + qc}{a\cos\beta}$　⑤ $\dfrac{qc\sin\beta + a}{c\cos\beta}$　⑥ $\dfrac{a\cos\beta + qc}{a\sin\beta}$　⑦ $\dfrac{qc\cos\beta + a}{c\sin\beta}$

(オ) の解答群

⓪ 0　① 1　② $1+q$　③ $1-q$　④ 2　⑤ $2-q$

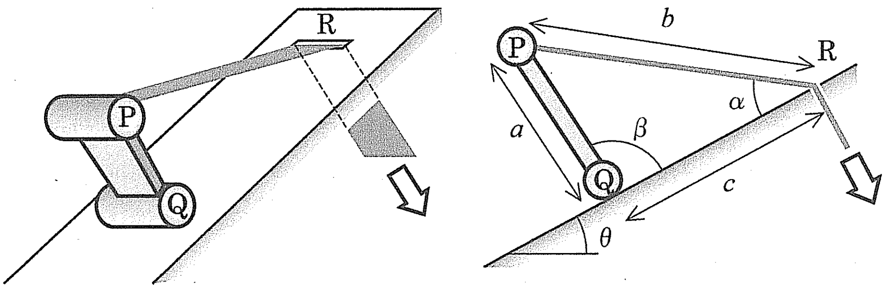


図 1-2 右の図はＰとＱの重心とベルトの中心線を含む鉛直面で切った断面図である。見やすさのため，ＰとＱの直径など一部の寸法は誇張して描いてある。

(2) 次に，**図 1-2** のように，**前問 (1)** の壁面にかえて，水平から角 θ （ただし，$0 < \theta < \dfrac{\pi}{2}$ とする）だけ傾いた斜面となっている場合を考える。P，Q，R の各部の長さや角度のとり方と，棒やベルトが物体ＰやＱに及ぼす力の記号は (1) と同様で，ＰとＱの軸はそれぞれ水平に保たれ，ＰとＱの重心とベルトの中心線は斜面に垂直で鉛直な平面内に常にあるとする（**図 1-2** 右）。この場合，μ がじゅうぶん大きくても，$\beta <$ $\boxed{\text{(カ)}}$ となると，ベルトがたるんでＰと板状棒が倒れ始める。条件 $\beta \geqq$ $\boxed{\text{(カ)}}$ を満たして物体ＰとＱが静止しているとき，**前問** (1) と同様に，まずＰに対する力のつりあいを考える。ここでは，鉛直面内で斜面に垂直な成分と斜面に平行な成分を考えよう。(1) と異なって，Ｐに作用する重力がどちらの成分にも寄与することに注意すると，まず，斜面に垂直な成分のつりあいからは，$T\sin\alpha - F_{\mathrm{PQ}}\sin\beta = mg \times (\boxed{\text{(キ)}})$ が，斜面に平行な成分のつりあいからは，$\boxed{\text{(ア)}} = mg\sin\theta$ が，それぞれ成り立つ。これら２つの式から，$F_{\mathrm{PQ}} = \boxed{\text{(ク)}} \times mg$，および，$T = -\dfrac{\cos(\beta+\theta)}{\sin(\alpha+\beta)}mg$ が得られる。斜面に沿って上向き（ＱからＲへの向き）を正の向きとして，Ｑに対する力のつりあいからは，Ｑに作用している摩擦力の QR 方向の成分が，$F = \{\boxed{\text{(ク)}} \times \cos\beta + (\boxed{\text{(ケ)}})\} \times mg$ であることがわかる。

qがある値のとき，$\beta = \dfrac{\pi}{2}$として丸棒PとQを静止させることができたとする。この状態から穴Rを通してベルトを引き上げていったとき，βが条件$\beta \geqq$ $\boxed{\text{(カ)}}$ を満たしている間に，Qが斜面に沿って滑り落ち始める条件を，力のつりあいにもとづいて考えよう。まず一般に，傾き角θの斜面におかれた物体が滑り落ち始めるのは，斜面に沿って下向きに作用する力が最大摩擦力より大きくなるときで，静止摩擦係数がμであれば，$\sin\theta - \mu\cos\theta > 0$となるときである。本問の場合は，斜面に接している物体（Q）以外のもの（板状棒，P，およびベルト）からの力も作用している。この効果をはっきりさせるため，条件式を，qを含まない項と含む項に分けて表すと，$(\boxed{\text{(コ)}}) \times \boxed{\text{(ク)}} + q(\sin\theta - \mu\cos\theta) > 0$となれば，Qが斜面に沿って滑り落ち始める。したがって，$(\boxed{\text{(コ)}}) \times \boxed{\text{(ク)}}$を $\boxed{\text{(サ)}}$ ようにすれば，傾きθがより大きな斜面上でも，棒でつながれたPとQをベルトで吊って静止させやすくなることがわかる。

(カ) の解答群

⓪ $\pi - \dfrac{\theta}{2}$　① $\dfrac{\pi}{2} + 2\theta$　② $\dfrac{\pi + \theta}{2}$　③ $\dfrac{\pi}{2} + \theta$

④ $\pi - 2\theta$　⑤ $\dfrac{\pi}{2} - 2\theta$　⑥ $\pi - \theta$　⑦ $\dfrac{\pi}{2} - \theta$

(キ) の解答群

⓪ $\cos\theta$　① $-\cos\theta$　② $\dfrac{1}{\cos\theta}$　③ $-\dfrac{1}{\cos\theta}$

(ク) の解答群

⓪ $\dfrac{\cos(\alpha+\theta)}{\sin(\alpha+\beta)}$　① $\dfrac{\cos(\alpha+\theta)}{\cos(\alpha+\beta)}$　② $\dfrac{\cos(\alpha-\theta)}{\sin(\alpha+\beta)}$

③ $\dfrac{\cos(\alpha-\theta)}{\cos(\alpha+\beta)}$　④ $-\dfrac{\cos(\alpha-\theta)}{\sin(\alpha+\beta)}$　⑤ $-\dfrac{\cos(\alpha-\theta)}{\cos(\alpha+\beta)}$

(ケ) の解答群

⓪ $\mu q \cos\theta$　① $-\mu q \cos\theta$　② $\mu q \sin\theta$　③ $-\mu q \sin\theta$

④ $q \cos\theta$　⑤ $-q \cos\theta$　⑥ $q \sin\theta$　⑦ $-q \sin\theta$

(コ) の解答群

⓪ $\cos\beta - \mu \sin\beta$　① $\cos\alpha - \mu \sin\alpha$　② $\cos\theta - \mu \sin\theta$

③ $\sin\beta - \mu \cos\beta$　④ $\sin\alpha - \mu \cos\alpha$　⑤ $\sin\theta - \mu \cos\theta$

(サ) の解答群

⓪ 正の大きな値をとる　① 正側からゼロに近づける

② 負側からゼロに近づける　③ 絶対値の大きな負の値をとる

(3)　以上のことから考えて，斜面（$0 < \theta < \frac{\pi}{2}$）上で，摩擦力とベルトの張力を利用して，決まった長さ a の板状棒とその両端の物体 P と Q を，**図 1-3** のように $\beta \leqq \frac{\pi}{2}$ として静止させておく（姿勢を保つ）ために有効なこととして，次の各文 (a)〜(d) のうちで正しいものは $\boxed{\text{(シ)}}$ である。

(a) 重心が斜面に近い方が安定であるから，斜面の傾き θ や静止摩擦係数 μ にかかわらず，Q の質量を P の質量より大きくする（q を大きくする）。

(b) 物体が滑り落ちるのを防いでいる力はベルトを引く張力に由来しているので，斜面の傾きが大きいときは，P に作用する張力がなるべく上の方を向くように，穴 R をじゅうぶん高くした上で b を短くし，P を R の方に引き寄せる。

(c) 板状棒が転倒するのを防ぎ，かつ，Q に作用する垂直抗力を大きくするため，板状棒を重力の方向（鉛直方向）に平行になるようにする。

(d) Q に作用する垂直抗力を大きくするため，P と斜面の間の距離を大きくする。

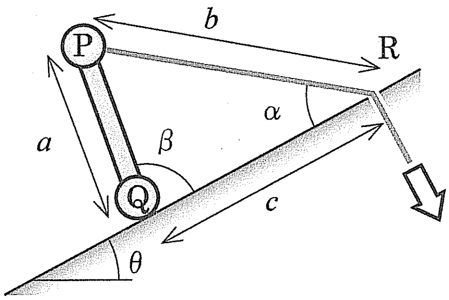


図 1-3

(シ) の解答群

⓪ (a) だけ　① (b) だけ　② (c) だけ　③ (d) だけ

④ (a) と (b)　⑤ (a) と (c)　⑥ (a) と (d)　⑦ (b) と (c)

⑧ (b) と (d)　⑨ (c) と (d)

$\boxed{2}$ 次の問題の $\boxed{}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**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)

以下では，長さ，質量，時間，電流，角度の単位をそれぞれ m，kg，s，A，rad とし，その他の物理量に対してはこれらを組み立てた単位を使用する。

(1) **図 2-1** のように，xy 平面上に固定された半径 a の円形導線の上にまっすぐな導体棒 OP が置かれている。円形導線の内側には，z 軸負の向きに磁束密度の大きさ B の一様な磁場が加えられている。導体棒 OP は円の中心 O を固定点として，その周りを回転することができる。円形導線上の点 X と点 Y は中心 O に対して互いに対称の位置にあり，点 Y と点 O の間には別のまっすぐな導体棒が固定されている。円形導線とこれらの導体棒は単位長さあたりの抵抗値が r である。導体棒 OP が OY 上を通過するとき，導体棒 OP が OY に触れることはなく，その運動が妨げられることはない。導体棒 OP と円形導線の間の摩擦力は無視できるとする。また，円形導線と導体棒からなる回路の自己インダクタンスは無視できるとする。以下では，OX と導体棒 OP のなす角を θ とする。

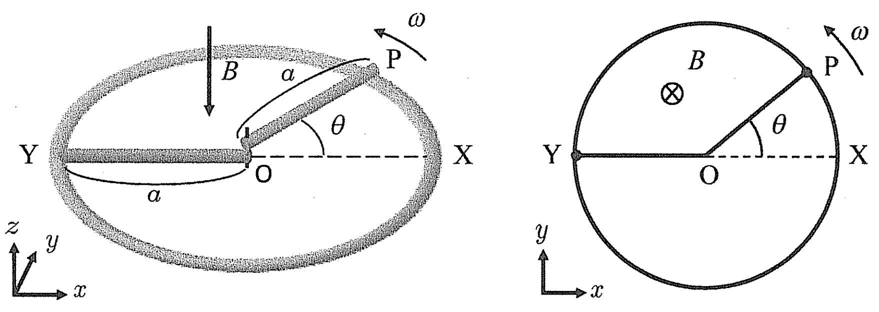


図 2-1　右の図は，左の図を z 軸の正の方向から眺めた回路図である。

導体棒OPの端点PにOPと垂直な大きさ F_1 の外力を加え続けて，導体棒OPを $\theta = 0$ から反時計回りに一定の角速度 ω を保つように回転させる。

$0 \leqq \theta < \pi$ のとき，扇形OPYを z 軸負の向きに貫く磁束と，扇形OPXYを z 軸負の向きに貫く磁束は $\boxed{\text{(ア)}}$ ので，２本の導体棒を $\boxed{\text{(イ)}}$ の向きに電流が流れる。このとき，O，P，Yのうち，$\boxed{\text{(ウ)}}$ で最も電位が高く，$\boxed{\text{(エ)}}$ で最も電位が低い。

$\pi < \theta < 2\pi$ のとき，扇形OPYを z 軸負の向きに貫く磁束と，扇形OPXYを z 軸負の向きに貫く磁束は $\boxed{\text{(オ)}}$ ので，導体棒を流れる電流の向きは $\boxed{\text{(カ)}}$。誘導起電力の大きさは $\boxed{\text{(キ)}}$ であり，導体棒を流れる電流の大きさは $\boxed{\text{(キ)}} \times \boxed{\text{(ク)}}$ である。また，円形導線と導体棒で各瞬間において発生するジュール熱は単位時間あたり $\boxed{\text{(ケ)}} \times \boxed{\text{(ク)}}$ であり，これはPに加えた力がする仕事率に等しい。したがって，$F_1 = \boxed{\text{(コ)}} \times \boxed{\text{(ク)}}$ である。

(ア)，(オ) の解答群

⓪ ともに増加する　　① ともに減少する

② それぞれ増加，減少する　　③ それぞれ減少，増加する

④ 変わらない

(イ) の解答群

⓪ P→O→Y　　① Y→O→P

(ウ)，(エ) の解答群

⓪ P　　① O　　② Y

③ P と O　　④ O と Y　　⑤ Y と P

(カ) の解答群

⓪ $0 \leqq \theta < \pi$ のときから反転する

① $0 \leqq \theta < \pi$ のときと変わらない

(キ) の解答群

⓪ $\frac{1}{2}B^2 a\omega$　① $B^2 a\omega$　② $2B^2 a\omega$　③ $\frac{1}{2}Ba^2\omega$　④ $Ba^2\omega$

⑤ $2Ba^2\omega$　⑥ $\frac{1}{2}Ba\omega^2$　⑦ $Ba\omega^2$　⑧ $2Ba\omega^2$　⑨ 0

(ク) の解答群

⓪ $\dfrac{1}{2ar(1+\pi)}$　① $\dfrac{1}{2ar(1+\pi-\theta)}$

② $\dfrac{1}{2ar(1-\pi+\theta)}$　③ $\dfrac{1}{2ar(1+\pi+\theta)}$

④ $\dfrac{2\pi}{ar\left\{4\pi+(\theta-\pi)(\theta-3\pi)\right\}}$　⑤ $\dfrac{2\pi}{ar\left\{4\pi-(\theta-\pi)(\theta-3\pi)\right\}}$

⑥ $\dfrac{2\pi}{ar\left\{4\pi+(\theta+\pi)(\theta-3\pi)\right\}}$　⑦ $\dfrac{2\pi}{ar\left\{4\pi-(\theta+\pi)(\theta-3\pi)\right\}}$

⑧ 0

(ケ) の解答群

⓪ $\dfrac{1}{4}B^2a^2\omega^2$　① $\dfrac{1}{2}B^2a^2\omega^2$　② $B^2a^2\omega^2$　③ $\dfrac{1}{4}B^2a^4\omega^2$

④ $\dfrac{1}{2}B^2a^4\omega^2$　⑤ $B^2a^4\omega^2$　⑥ $\dfrac{1}{4}B^2a^2\omega^4$　⑦ $\dfrac{1}{2}B^2a^2\omega^4$

⑧ $B^2a^2\omega^4$　⑨ 0

(コ) の解答群

⓪ $\dfrac{1}{4}B^2a^2\omega^2$　① $\dfrac{1}{2}B^2a^2\omega^2$　② $B^2a^2\omega^2$　③ $\dfrac{1}{4}B^2a\omega^3$

④ $\dfrac{1}{2}B^2a\omega^3$　⑤ $B^2a\omega^3$　⑥ $\dfrac{1}{4}B^2a^3\omega$　⑦ $\dfrac{1}{2}B^2a^3\omega$

⑧ $B^2a^3\omega$　⑨ 0

(2) **図 2-2** のように，OY 間に電気容量 C のコンデンサーを挿入する。ただし，コンデンサーを挿入しても OY 間の導体棒部分の抵抗値は**小問** (1) の場合と変わらないものとする。また，はじめコンデンサーに電荷はないものとする。**小問** (1) と同様に，P に OP と垂直な大きさ F_2 の外力を加え続けて，導体棒 OP を $\theta = 0$ から反時計回りに一定の角速度 ω を保つように回転させる。導体棒 OP が OY 上を通過するとき，導体棒 OP と OY，コンデンサーが触れることはなく，導体棒の運動を妨げることはない。また，導体棒と円形導線の間の摩擦力は無視できる。

コンデンサーに蓄えられる静電エネルギーは回転角 θ の増大とともに増加し，導体棒がじゅうぶんに周回を重ねた後，$\boxed{\text{(サ)}}$ となる。また，このとき $F_2 = \boxed{\text{(シ)}}$ となる。導体棒が回転を始めた時刻を t=0 として，導体棒を流れる電流の大きさ I を時間 t の関数として最もよく表しているグラフは $\boxed{\text{(ス)}}$ である。

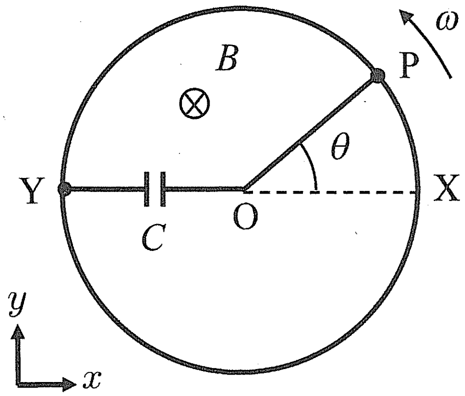


図 2-2

(サ) の解答群

⓪ $\frac{1}{8}CB^2a^2\omega^4$　① $\frac{1}{8}CB^2a^4\omega^2$　② $\frac{1}{8}CB^4a^2\omega^2$　③ $\frac{1}{4}CB^2a^2\omega^4$

④ $\frac{1}{4}CB^2a^4\omega^2$　⑤ $\frac{1}{4}CB^4a^2\omega^2$　⑥ $\frac{1}{2}CB^2a^2\omega^4$　⑦ $\frac{1}{2}CB^2a^4\omega^2$

⑧ $\frac{1}{2}CB^4a^2\omega^2$　⑨ 0

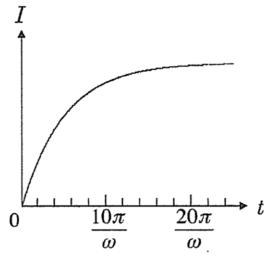
(シ) の解答群

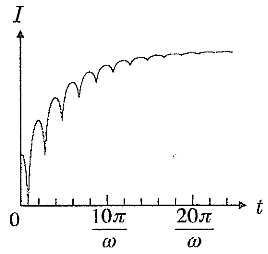
⓪ $\dfrac{B^2a\omega^2}{4r}$　① $\dfrac{B^2a\omega^2}{2r}$　② $\dfrac{B^2a\omega^2}{r}$　③ $\dfrac{B^2a^3\omega^2}{4r}$

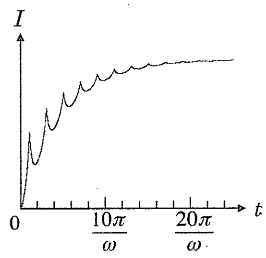
④ $\dfrac{B^2a^3\omega^2}{2r}$　⑤ $\dfrac{B^2a^3\omega^2}{r}$　⑥ $\dfrac{B^2a\omega^4}{4r}$　⑦ $\dfrac{B^2a\omega^4}{2r}$

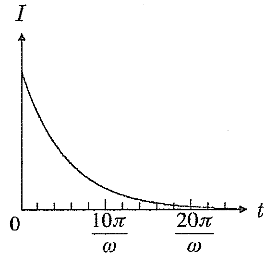
⑧ $\dfrac{B^2a\omega^4}{r}$　⑨ 0

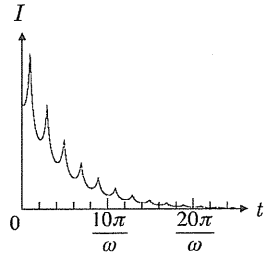
(ス) の解答群

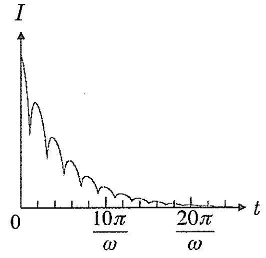
⓪


①


②


③


④


⑤


(3)　**小問 (2)** と同様に，**図 2-2** の OY 間に電気容量 C のコンデンサーを挿入した場合について考える。ただし、導体棒 OP は $\theta = 0$ となるように両端で固定されている。Y と O に外部の直流電源を接続し，Y に対して O に電圧 E（ただし，$E > 0$）を印加する。このとき，導体棒 OP は磁場から $\boxed{\text{(セ)}}$ に力を受ける。じゅうぶん時間が経過した後，P において導体棒を固定するために必要な力の大きさは $\boxed{\text{(ソ)}}$ である。次に，その状態から電源との接続をはずす。電源との接続をはずす時刻を $t = 0$ として，導体棒が磁場から受ける力の大きさ F を時間 t の関数として最もよく表しているグラフは $\boxed{\text{(タ)}}$ である。

(セ) の解答群

⓪ y 軸負の向き　① y 軸正の向き

(ソ) の解答群

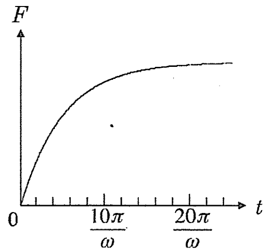
⓪ $\dfrac{2EB}{ar(\pi+2)}$　① $\dfrac{2EB}{ar(\pi+1)}$　② $\dfrac{2EB}{r(\pi+2)}$

③ $\dfrac{2EB}{r(\pi+1)}$　④ $\dfrac{EB}{ar(\pi+2)}$　⑤ $\dfrac{EB}{ar(\pi+1)}$

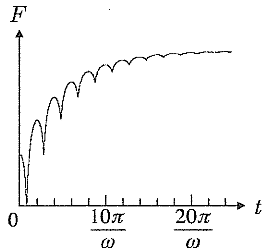
⑥ $\dfrac{EB}{r(\pi+2)}$　⑦ $\dfrac{EB}{r(\pi+1)}$　⑧ 0

(タ) の解答群

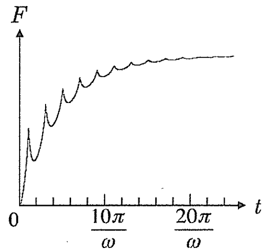
⓪



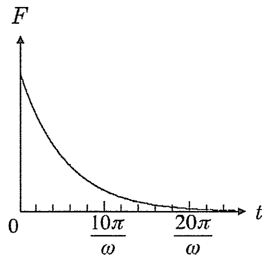
①



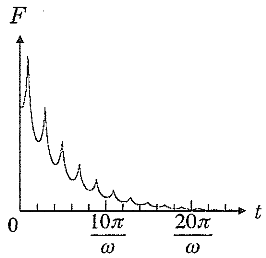
②



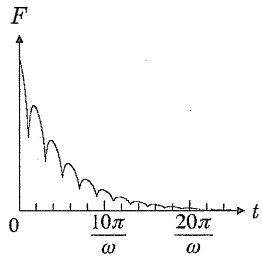
③



④



⑤



$\boxed{3}$ 次の問題の $\boxed{}$ の中に入れるべき最も適当なものをそれぞれの**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。(同じ番号を何回用いてもよい。答えが数値となる場合は最も近い数値を選ぶこと。)　(30点)

以下では，長さ，質量，時間の単位をそれぞれ m，kg，s とし，その他の物理量に対してはこれらを組み立てた単位を使用する。

(1) 放射性原子核の崩壊現象を考える。崩壊前の原子核の原子番号を Z_0，質量数を A_0 とし，崩壊後の原子番号を Z_1，質量数を A_1 とする。崩壊前の原子核の陽子数は $\boxed{(ア)}$ 個，中性子数は $\boxed{(イ)}$ 個である。この原子核が α 崩壊すると，$\boxed{(ウ)}$ が放出されるので，$Z_1-Z_0=\boxed{(エ)}$，$A_1-A_0=\boxed{(オ)}$ である。一方，β 崩壊では，$\boxed{(カ)}$ が放出され，$Z_1-Z_0=\boxed{(キ)}$，$A_1-A_0=\boxed{(ク)}$ である。γ 崩壊では，$\boxed{(ケ)}$ が放出され，$Z_1-Z_0=\boxed{(コ)}$，$A_1-A_0=\boxed{(サ)}$ である。たとえばアクチニウム系列では，${}^{235}_{92}\mathrm{U}$ が，α 崩壊を $\boxed{(シ)}$ 回，β 崩壊を 4 回行なって，${}^{A}_{82}\mathrm{Pb}$ になる。このとき $A=\boxed{(ス)}$ である。

(ア), (イ) の解答群

⓪ Z_0　① A_0　② $A_0 + Z_0$

③ $A_0 - Z_0$　④ $Z_0 - A_0$

(ウ), (カ), (ケ) の解答群

⓪ 陽子　① 中性子

② 電子　③ 電磁波

④ ヘリウム ($^{4}_{2}\mathrm{He}$) 原子核　⑤ 炭素 ($^{12}_{6}\mathrm{C}$) 原子核

(エ), (オ), (キ), (ク), (コ), (サ), (シ) の解答群

⓪ -1　① -2　② -4　③ -6

④ 0　⑤ 1　⑥ 2　⑦ 4

⑧ 6　⑨ 7

(ス) の解答群

⓪ 200　① 201　② 202　③ 203

④ 204　⑤ 205　⑥ 206　⑦ 207

⑧ 208　⑨ 209

(2) 放射性原子核を使って発掘された植物片の年代を調べる方法がある。たとえば，植物の生存中は常に大気などから炭素を取り込み安定な原子核 ${}^{12}_{6}\mathrm{C}$ と放射性原子核 ${}^{14}_{6}\mathrm{C}$ の数の比が $1.0 : 1.0 \times 10^{-12}$ に保たれているとし，植物の死後は新たな炭素の取り込みがないため，不安定な ${}^{14}_{6}\mathrm{C}$ のみ β 崩壊して減っていくと考えられる。発掘された植物片の ${}^{12}_{6}\mathrm{C}$ と ${}^{14}_{6}\mathrm{C}$ の数の比が $1.0 : 1.0 \times 10^{-13}$ であったとすると，その植物片の生命活動が停止した時代は **(セ)** 年前であることがわかる。ただし，${}^{14}_{6}\mathrm{C}$ の半減期を 5.7×10^{3} 年として考えなさい。また，$0 \leqq x \leqq 1$ の範囲の x に対する $\left(\dfrac{1}{2}\right)^{x}$ の値は，**図 3-1** を参考にしてよい。

また，密閉された容器の中に閉じ込められた半減期 τ_1 の原子核の数 N_1 と半減期 τ_2 の原子核の数 N_2 の比 $\dfrac{N_2}{N_1}$ の半減期 (比が半分になるまでの時間) は **(ソ)** である。ただし $\tau_1 > \tau_2$ とする。

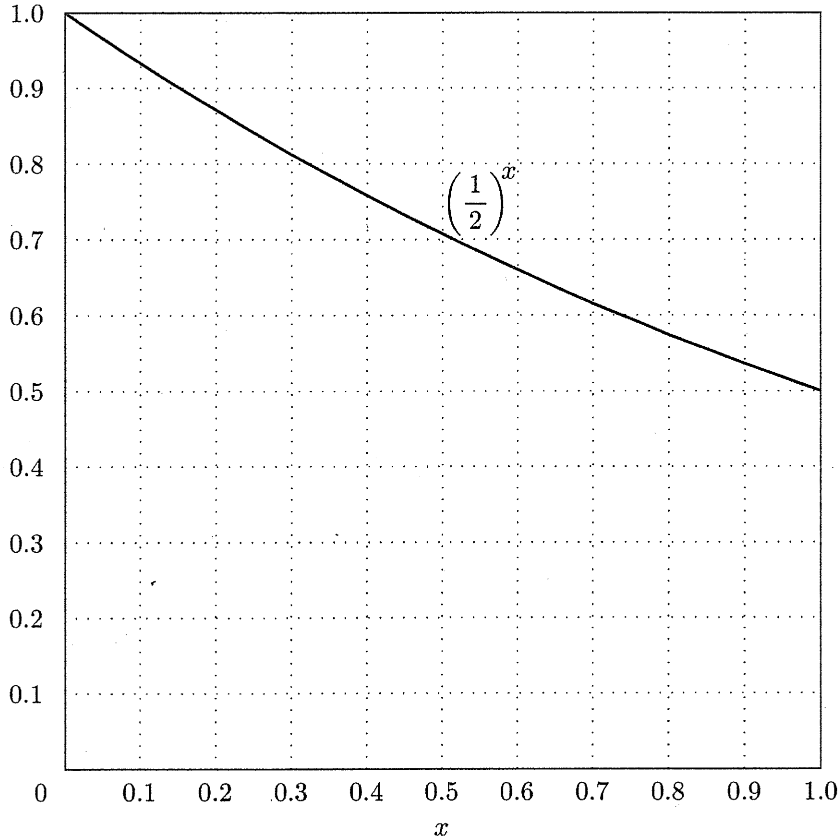


図 3-1

(セ) の解答群

⓪ 1.1×10^4　① 1.9×10^4　② 2.9×10^4　③ 3.7×10^4

④ 3.9×10^4　⑤ 4.7×10^4　⑥ 5.7×10^5　⑦ 5.9×10^5

(ソ) の解答群

⓪ $\dfrac{\tau_1}{\tau_2}$　① $\dfrac{\tau_2}{\tau_1}$　② $\tau_1 + \tau_2$

③ $\tau_1 - \tau_2$　④ $\dfrac{\tau_1\tau_2}{\tau_1 - \tau_2}$　⑤ $\dfrac{\tau_1\tau_2}{\tau_1 + \tau_2}$

(3) 続いて，静止している原子核がα崩壊するときに出てくるα線のエネルギーを見積もってみよう。崩壊前の原子核の質量をm_0，崩壊後の原子核の質量をm_1，α粒子の質量をm_αとする。ただし，$m_0 > m_1 + m_\alpha$である。真空中の光速をc，崩壊後の原子核の速さをv_1，α粒子の速さをv_αとすると，質量とエネルギーの等価性，および運動量の保存則から$v_1 = \boxed{\text{(タ)}} \times v_\alpha$，$v_\alpha = \boxed{\text{(チ)}} \times c$であることがわかる。ただし，$v_1$と$v_\alpha$は$c$より十分小さいとする。このように，静止した原子核のα崩壊では，崩壊前の原子核の種類によって決まったエネルギーのα粒子が放出されるので，逆にα粒子のエネルギーから崩壊前の原子核種を知ることができる。2017年に命名されたニホニウムの発見の際にも，理化学研究所で生成したある原子核Xから3回α崩壊してできた原子核がボーリウム原子核，Xから4回α崩壊してできた原子核がドブニウム原子核，Xから5回α崩壊してできた原子核がローレンシウム原子核(原子番号103)であることが，α粒子のエネルギーの測定からわかった。5回のα崩壊の間，β崩壊が1回もなかったため，Xの原子番号が$\boxed{\text{(ツ)}}$であることが判明し，新元素としてニホニウムと命名されたのである。

(タ) の解答群

⓪ $\dfrac{m_\alpha}{m_1+m_\alpha}$　① $\dfrac{m_1}{m_1+m_\alpha}$　② $\dfrac{m_\alpha}{m_1}$　③ $\dfrac{m_1}{m_\alpha}$

(チ) の解答群

⓪ $\sqrt{\dfrac{m_1(m_0-m_1-m_\alpha)}{m_\alpha(m_1+m_\alpha)}}$　① $\sqrt{\dfrac{2m_1(m_0-m_1-m_\alpha)}{m_\alpha(m_1+m_\alpha)}}$

② $\sqrt{\dfrac{m_\alpha(m_0-m_1-m_\alpha)}{m_1(m_1+m_\alpha)}}$　③ $\sqrt{\dfrac{2m_\alpha(m_0-m_1-m_\alpha)}{m_1(m_1+m_\alpha)}}$

④ $\dfrac{m_1(m_0-m_1-m_\alpha)}{m_\alpha(m_1+m_\alpha)}$　⑤ $\dfrac{2m_1(m_0-m_1-m_\alpha)}{m_\alpha(m_1+m_\alpha)}$

⑥ $\dfrac{m_\alpha(m_0-m_1-m_\alpha)}{m_1(m_1+m_\alpha)}$　⑦ $\dfrac{2m_\alpha(m_0-m_1-m_\alpha)}{m_1(m_1+m_\alpha)}$

(ツ) の解答群

⓪ 104　① 105　② 106　③ 107　④ 108

⑤ 109　⑥ 110　⑦ 111　⑧ 112　⑨ 113

化　　　学

各設問の計算に必要ならば下記の数値を用いなさい。

原子量：H 1.0, C 12.0, N 14.0, O 16.0, Na 23.0, Al 27.0, S 32.0,
Cl 35.5, Ca 40.1, Cu 63.5, Ag 108

ファラデー定数：9.65×10^4 C/mol

気体定数：8.31×10^3 Pa・L/(K・mol)

1 次の記述の(ア)〜(キ)にあてはまる最も適当なものを**A欄**より，(ク)〜(セ)にあてはまる最も適当なものを**B欄**より選び，その番号を**解答用マークシート**にマークしなさい(番号中の**0**という数字も必ずマークすること)。ただし，同じ番号を何回用いてもよい。　(14点)

(1) 硫黄には2個の $\boxed{(ア)}$ が存在している。したがって，2価の陰イオンになりやすく，水素と H_2S を形成する。H_2S の水溶液は弱酸性であり，溶液を酸性にすると S^{2-} の濃度が $\boxed{(イ)}$ する。Pb^{2+}，Cu^{2+}，Zn^{2+} を含む $\boxed{(ウ)}$ の水溶液に H_2S を通すと全ての陽イオンの硫化物(PbS，CuS，ZnS)の沈殿が生じる。一方，これらの陽イオンを含む $\boxed{(エ)}$ の水溶液に H_2S を通すと，$\boxed{(オ)}$ の沈殿は生じるが $\boxed{(カ)}$ の沈殿は生じない。これは $\boxed{(オ)}$ の溶解度積が $\boxed{(カ)}$ よりも $\boxed{(キ)}$ ためである。

A　欄

01 価電子	**02** 不対電子	**03** 自由電子
04 増　加	**05** 減　少	**06** 酸　性
07 塩基性	**08** PbS	**09** CuS
10 ZnS	**11** PbS と CuS	**12** PbS と ZnS
13 CuS と ZnS	**14** 大きい	**15** 小さい