

専 門 科 目

# 生 物 機 能 工 学

## 注 意 事 項

- 1 試験開始の合図があるまで、この問題用紙を開いてはいけません。
- 2 問題用紙は12ページで、解答用紙は10ページあります。試験開始の合図があつてから確かめなさい。
- 3 監督者の指示に従い、解答用紙の各ページに受験番号を記入しなさい。氏名を書いてはいけません。
- 4 試験問題は3つの分野に分かれています。この中から1つの分野を選択し、その分野のすべての問いについて解答しなさい。
  - (1) 各分野については、以下のとおりです。
    - 【生物分野】 生物学、生物応用工学、農学など、主に「生物学」を基礎とする分野
    - 【化学分野】 工業化学、化学工学など、主に「化学」を基礎とする分野
    - 【物理分野】 電気、機械、情報、建設工学など、主に「物理学・数学」を基礎とする分野
  - (2) 解答する分野は、出身学科等に関係なく自由に選択してよい。ただし、複数の分野にまたがって解答した場合は、すべての解答が無効となります。
- 5 解答はすべて解答用紙に記入しなさい。
- 6 文字などの印刷に不鮮明なところがあつた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- 7 問題用紙の余白は下書きとして利用してよい。
- 8 試験終了後、配付された問題用紙、下書用紙は持ち帰りなさい。

# 問題用紙

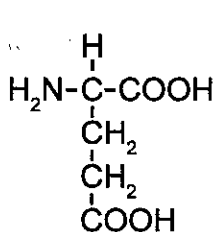
( 生物機能工学 )

生物分野 問 1 2 3 4

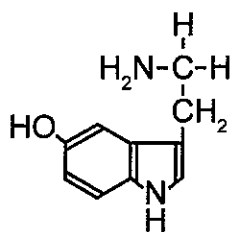
問1 アミノ酸とタンパク質に関する次の文を読み、(a)～(j)について適切な語句を下の選択肢から選び、記号で答えよ。また、(k)と(l)については適切な用語を記せ。

アミノ酸とは、広義にはアミノ基(-NH<sub>2</sub>)とカルボキシル基(-COOH)の両方をもつ化合物の総称である。タンパク質を構成する「 $\alpha$ -アミノ酸」は、カルボキシル基とアミノ基が同一炭素( $\alpha$ -炭素)に結合しているアミノ酸のことである。 $\alpha$ -アミノ酸であるグルタミン酸(下図A)から、酵素反応により $\alpha$ -炭素に結合したカルボキシル基が脱離するとGABAが生成される。GABAはアミノ基とカルボキシル基の両方をもつのでアミノ酸の一種であり、(a)である。また、 $\alpha$ -アミノ酸であるトリプトファンから、二段階の酵素反応により、(b)および(c)されて生成されるセロトニン(下図B)は(d)。タンパク質の合成に通常使われる $\alpha$ -アミノ酸は(e)種類あるが、そのうち光学異性体が存在しないのは(f)だけである。

タンパク質の基本となる構造は、アミノ酸が(g)いることである。4個のアミノ酸で構成されるペプチドの場合、アミノ酸の並び方は(h)通りの可能性がある。実際のタンパク質は100個～数千個のアミノ酸で構成されており、水素結合、イオン結合、ファンデルワールス力、(i)などの非共有結合により特有の構造をとるように折りたたまれている。また、酸化条件下に隣接した2つの(j)残基間にジスルフィド結合という共有結合が形成され、構造の安定化に寄与する。タンパク質の二次構造の代表的なものとして(k)構造と(l)構造がある。



A. グルタミン酸



B. セロトニン

選択肢

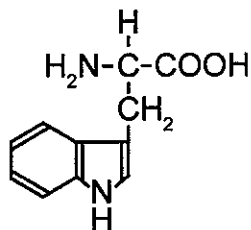
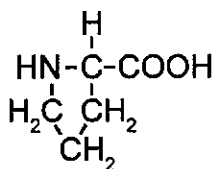
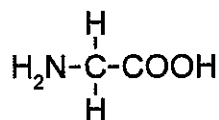
- (a) ア.  $\alpha$ -アミノ酸    イ.  $\beta$ -アミノ酸    ウ.  $\gamma$ -アミノ酸    エ.  $\delta$ -アミノ酸  
(b) オ. アミノ化    カ. アセチル化    キ. 水酸化  
(c) ク. 脱炭酸化    ケ. 脱水素化    コ. 脱アセチル化  
(d) サ. アミノ酸である    シ. アミノ酸ではない  
(e) ス. 4    セ. 20    ソ. 64

# 問題用紙

( 生物機能工学 )

生物分野 問 1 2 3 4

(f)



タ. グリシン    チ. プロリン    ツ. トリプトファン

(g)

テ. 1本の鎖状につながって

ト. 枝分かれした鎖をつくって

ナ. 相補的な2本鎖を形成して二重らせん構造をして

(h)

ニ.  $4^4$     ヌ.  $4^{20}$     ネ.  $20^4$     ノ.  $64^4$     ハ.  $4^{64}$

(i)

ヒ. ホスホジエステル結合    フ. 疎水結合    ヘ. グリコシド結合

(j)

ホ. ヒスチジン    マ. メチオニン    ミ. システイン

# 問題用紙

( 生物機能工学 )

生物分野 問1 2 3 4

問2 神経系に関する次の問いに答えよ。

(1) 動物は外界からの刺激に対して一定の反応を起こすが、そのときに情報が下のよ  
うな経路を伝わる。

(ア) (ウ) (オ)

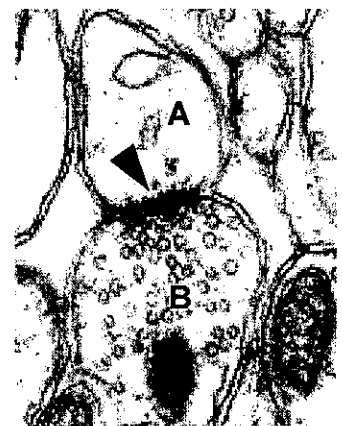
外界からの刺激 → 受容器 → (イ) → 中枢神経 → (エ) → 効果器 → 反応  
(感覚器官) (筋肉など)

この経路の中で、(イ)と(エ)の名称を答えよ。また、刺激に対する感覚  
(視覚や聴覚など)が成立するのは(ア)～(オ)のいずれであるか、記号  
で答えよ。

(2) ヒトの場合、受容器・効果器と中枢神経を結ぶ経路は1メートル前後におよぶこ  
ともあり、素早い興奮の伝達が必要である。有髄神経線維では、無髄神経線維に  
比べて著しく伝達速度が速いが、それはどのような構造に理由があるか、以下の  
(ア)～(ウ)から選んで記号で答えよ。また、そのような構造によって有  
髄神経線維で起こる素早い伝わり方を何というか。

- (ア) 神経線維が非常に細い
- (イ) 神経線維の表面の大部分が絶縁性のものでおおわれている
- (ウ) 銅線のように電気を通しやすい性質の線維できている

(3) 神経系の情報伝達を担っているのは神経細胞(ニューロ  
ン)と呼ばれる細胞である。右の図は脳の電子顕微鏡写  
真であり、▼のところではAとBの神経細胞が密に接した  
構造をつくっているのがわかる。このような、神経細胞  
どうしが情報伝達を行うための構造を何というか。また、  
AとBの神経細胞の間では、どちらの細胞からどちらの  
細胞へ情報が伝達されるか。矢印(←または→)で答え  
るとともに、そのように考える理由を答えよ。



(4) 脳の機能のひとつに記憶があるが、脳内で記憶が形成される主要な仕組みは以下  
の(ア)～(ウ)のいずれであると考えられているか、記号で答えよ。

- (ア) 神経細胞が分裂し、新生した神経細胞が新たな神経回路を形成する
- (イ) 既存の神経細胞が新たな突起をのびして新たな神経回路を形成する
- (ウ) 神経細胞どうしの接点(設問(3)の構造)の数や性質が変化する

# 問題用紙

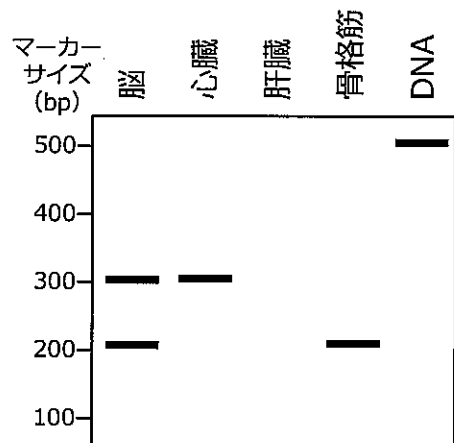
( 生物機能工学 )

生物分野 問1 2 3 4

問3 次の文章は、細胞内共生説について書かれたものである。(1)～(4)の問いに答えよ。

細胞は原核細胞と真核細胞とに大別される。通常、真核細胞は原核細胞よりはるかに A 小さく・大きく、明確に分離された核やそれ以外の脂質二重層により分けられた多様な細胞小器官をもっている。これらの細胞小器官のうち、ほぼすべての真核細胞に存在する(ア)や植物細胞に存在する(イ)は、進化の過程である種の原核細胞が真核細胞内に共生することによって現存の真核細胞が生まれたとする説がある。この細胞内共生説を支持する理由として、(ア)や(イ)に存在する遺伝物質の構造が原核細胞のそれと類似で B 線状・環状 であること、これら細胞小器官に存在する遺伝子(構造遺伝子)にはRNAスプライシングで除かれるイントロンが存在しないこと、さらにこれら細胞小器官には内膜と外膜が存在し C 内膜・外膜 の分子組成が原核細胞の細胞膜と似ていることなどが挙げられる。

- (1) A～Cにおける2つの語句のうち正しいものを丸で囲め。また(ア)と(イ)に適切な細胞小器官名を記入せよ。
- (2) 真核細胞のみに存在する核、(ア)、(イ)以外の細胞小器官を2つ選び、それらの名称とそれぞれの主要な機能を述べよ。
- (3) 真核細胞の遺伝子(構造遺伝子)発現において、転写によって作られたmRNA前駆体から成熟したmRNAが作られる過程で、RNAスプライシングに引き続きRNA分子の5'末端と3'末端に結合する物質の名称を答えよ。
- (4) RNAスプライシングは、単一遺伝子から複数の部分的にアミノ酸配列の異なるタンパク質産物を生むために利用されている。各組織に選択的なスプライシングを調べるために、RT-PCR(逆転写依存的ポリメラーゼ連鎖反応)を用いてマウスの脳、心臓、肝臓、および骨格筋における遺伝子Xの産物を解析した。得られたPCR産物を電気泳動で分離した結果が右下図である。心臓と骨格筋サンプルを使用した場合それぞれ300bpと200bpのバンドが現れ、脳サンプルからはこれら両方のバンドが検出され、肝臓サンプルからはどちらのサイズのバンドも検出されなかった。また、核から得たゲノムDNAを直接用いたPCRでは500bpのバンドが現れた。(A)～(C)の問いに答えよ。
  - (A) 逆転写反応とはどのような反応か。また、逆転写反応を利用している病原体の一般名あるいは固有名称を1つ挙げよ。
  - (B) 遺伝子XのこのPCR反応で増幅した領域のエクソン-イントロン構成を予測し、簡易な図を用いて説明せよ。
  - (C) 肝臓サンプルでバンドが検出されなかった理由(可能な原因)を2つ挙げよ。また、どちらが正しいかを検証するための実験の例を1つ述べよ。使用したサンプルや手法には異常やミスがないものとする。



# 問題用紙

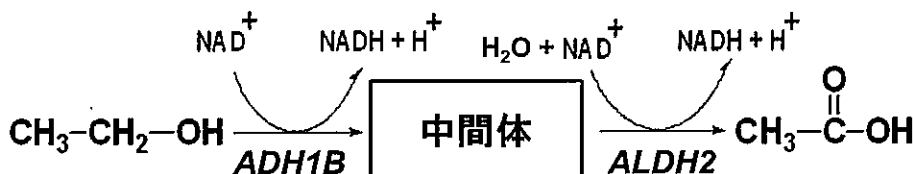
( 生物機能工学 )

生物分野 問 1 2 3 4

問 4 次の文章を読んで、(1)～(5)の問いに答えよ。

遺伝子多型は遺伝子を構成している DNA 配列の個体差を表す。代表的な遺伝子多型に、単一の塩基配列が異なる一塩基多型 (SNP) がある。ヒトの染色体は約 30 億の塩基対からなるが、その配列は個人間で約 1000 塩基対に 1 つの割合で異なっている。

酒に強い・弱いというのも、アルコールを代謝する酵素の構造遺伝子上の一塩基多型が大きく影響する例である。アルコールの代謝は、下のような二段階で進行し、無害な酢酸が生じる。第一段階の反応を触媒する酵素 ADH1B の活性に大きく影響する一塩基多型は、A47 番目のアミノ酸であるヒスチジンをアルギニンへと置換し、それにより酵素活性が著しく低下する。第二段階の反応を触媒する ALDH2 では、B487 番目のグルタミン酸のリシンへの置換が起こる。487 番目にリシンを有する ALDH2 は活性を全く持たない。



- (1) アルコール代謝中間体 (図中の中間体) の化合物名と構造式を示せ。
- (2) これらの反応では、酢酸に加え還元型ニコチンアミドアデニンジヌクレオチド (NADH) が生じる。通常、酢酸および NADH はエネルギー産生に利用される。それぞれ、どのように利用されるか、代謝経路名を含めて簡潔に説明せよ。
- (3) 下線 A と B のアミノ酸置換を引き起こす一塩基置換はどのような変化か。下の RNA コドン表を利用して推測せよ。解答例に従って、アミノ酸名と変換される一塩基配列に下線を引いたコドンの DNA 塩基配列を示せ。

解答例) チロシン TAT または TAC → システイン TGT または TGC

### 二番目の塩基

		U	C	A	G
U	UUU Phe	UCU Ser	UAU Tyr	UGU Cys	
	UUC Phe	UCC Ser	UAC Tyr	UGC Cys	
	UUA Leu	UCA Ser	UAA Stop	UGA Stop	
	UUG Leu	UCG Ser	UAG Stop	UGG Trp	
C	CUU Leu	CCU Pro	CAU His	CGU Arg	
	CUC Leu	CCC Pro	CAC His	CGC Arg	
	CUA Leu	CCA Pro	CAA Gln	CGA Arg	
	CUG Leu	CCG Pro	CAG Gln	CGG Arg	
A	AUU Ile	ACU Thr	AAU Asn	AGU Ser	
	AUC Ile	ACC Thr	AAC Asn	AGC Ser	
	AUA Ile	ACA Thr	AAA Lys	AGA Arg	
	AUG Met	ACG Thr	AAG Lys	AGG Arg	
G	GUU Val	GCU Ala	GAU Asp	GGU Gly	
	GUC Val	GCC Ala	GAC Asp	GGC Gly	
	GUA Val	GCA Ala	GAA Glu	GGA Gly	
	GUG Val	GCG Ala	GAG Glu	GGG Gly	

# 問題用紙

( 生物機能工学 )

生物分野 問1 2 3 4

- (4) 酒に酔うというのはアルコールの作用であり、一方、アルコール摂取により赤くなる、気分が悪くなるというのは代謝中間体の蓄積による。(ア)～(ウ)のようなADH1BおよびALDH2の遺伝子型を有する人は(A)～(C)のどのタイプに相当するか。His/Hisは相同遺伝子の両方がHis型塩基を有するものとする。
- (ア) ADH1BがHis/His, ALDH2がGlu/Glu
  - (イ) ADH1BがHis/His, ALDH2がLys/Lys
  - (ウ) ADH1BがArg/Arg, ALDH2がGlu/Glu
- (A) 酒を飲むと、すぐに酔ってしまうタイプ  
(B) 酒を飲むと、酔わないがすぐに赤くなり気持ちが悪くなるタイプ  
(C) 酒に強く、簡単には酔わず赤くもならないタイプ
- (5) これらのアルコール代謝に関わる2つの酵素の遺伝子は異なる常染色体上に位置する。ADH1BがHis/Arg, ALDH2がGlu/Lysの遺伝子型を有する両親から生まれてくる子供が(ア)～(ウ)である確率を求めよ。
- (ア) ADH1BがHis/His, ALDH2がGlu/Glu
  - (イ) 2つの酵素の遺伝子型が両親と全く同じ
  - (ウ) アルコール代謝能が著しく低下している (ADH1BがArg/Arg)

# 問題用紙

( 生物機能工学 )

化学分野 問 1 2 3 4 5 6 7

問1 次の文中の ( ア ) ~ ( エ ) に適当な数値を入れよ。ただし、水素、酸素、硫黄およびカルシウムの原子量は、それぞれ、1, 16, 32 および 40 とする。

- (1) 0.24 規定のシュウ酸水溶液は ( ア ) mol/L である。
- (2) 1.8 規定の硫酸水溶液 200 mL 中に含まれる硫酸は ( イ ) g である。
- (3) 水酸化カルシウム 0.37 g を水に溶かして 250 mL とした溶液は ( ウ ) 規定である。
- (4) pH の値が 7 である水溶液の水酸化物イオンの濃度が 100 倍になると、この水溶液の pH の値は ( エ ) となる。

問2 塩酸と硫酸の混合溶液 25 mL を中和するのに 0.10 mol/L の水酸化バリウム水溶液 40 mL を要し、このときに 0.70 g の白色沈殿が生成した。水素、酸素、硫黄およびバリウムの原子量を、それぞれ、1, 16, 32 および 137 とし、次の (1) ~ (4) に答えよ。

- (1)  $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  の式量を求めよ。
- (2) 0.10 mol/L の水酸化バリウム水溶液 250 mL をつくるには 何 g の  $\text{Ba(OH)}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$  が必要であるか。
- (3) 中和の際に白色沈殿が生成する反応を化学反応式によって示せ。
- (4) 混合溶液中の塩化水素および硫酸の濃度はそれぞれ何 mol/L か。

問3 次の記述について、アセトアルデヒドとアセトンの両方に該当するものには○を、アセトアルデヒドだけに該当するものには A を、アセトンだけに該当するものには B を、いずれにも該当しないものには×を記せ。

- (1) 銀鏡反応を起こす。
- (2) ヨードホルム反応を起こす。
- (3) 水への溶解性が大きく、水溶液は中性である。
- (4) ナトリウムを加えることによって水素を発生する。
- (5) 還元することによって第二級アルコールを生じる。



# 問題用紙

( 生物機能工学 )

化学分野 問1 2 3 4 5 6 7

問4 次の(1)～(3)はエタノールの化学反応についての記述である。[ a ]～[ f ]には該当する有機化合物の示性式を、( ア )～( エ )には反応の名称を記せ。

- (1) エタノールは分子内に  $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{OH})\text{-}$  の構造をもつので、水酸化ナトリウム水溶液とヨウ素を加えて温めることにより [ a ] の黄色結晶が生成する。この反応を ( ア ) という。
- (2) エタノールと濃硫酸の混合物を  $140^\circ\text{C}$  に加熱した場合には ( イ ) によって [ b ] が生成する。ところが、同じ混合物を  $170^\circ\text{C}$  まで加熱した場合には ( ウ ) によって [ c ] が生成する。
- (3) エタノールは酸化によって [ d ] に変化するが、[ d ] はアセチレンに対する水の ( エ ) によっても生成し、[ d ] をさらに酸化することにより [ e ] が得られる。また、エタノールと [ e ] との ( イ ) によって [ f ] が生成する。

問5 次の文中の ( ア ) ～ ( カ ) に適する化学式を記せ。ただし、水素、炭素および酸素の原子量は、それぞれ、1, 12 および 16 とする。

水素、炭素および酸素からなり、不斉炭素原子をもつ化合物 X について元素分析を行った結果、炭素および水素の含有率は、それぞれ、40.2 % および 6.7 % であることがわかった。したがって、X の組成式は ( ア ) であり、分子量の測定値が 91 であることから、分子式は ( イ ) となる。また、硫酸を触媒として X とエタノールとを反応させた場合にエチルエステル Y が得られたことから、X は官能基として ( ウ ) をもっていることがわかる。エチルエステル Y は、ナトリウムと反応して水素を発生し、無水酢酸との反応によってエステル Z を生じるので、X の示性式は ( エ ) と決定され、エステル Y および Z の示性式は、それぞれ、( オ ) および ( カ ) で表される。

# 問題用紙

( 生物機能工学 )

化学分野 問 1 2 3 4 5 6 7

問6 次の文章の ( ア ) ~ ( シ ) を適当な語や記号で埋めよ。

自然界に存在する炭素のほとんどは ( ア ) 数が 12 であり、元素記号を用いて ( イ ) と書き表す。 ( イ ) より、 ( ア ) 数が 1 つ大きい ( ウ ) は、天然の全炭素の約 1 % を占めるが、化合物の同定や構造解析に使われる ( エ ) 分光法には不可欠である。 ( イ ) と ( ウ ) は、時間が経っても原子の構造が変わらない ( オ ) であるが、 ( ウ ) より ( ア ) 数が 1 つ大きい ( カ ) は、放射線を出して核変化する ( キ ) である。 ( カ ) は半減期が約 5700 年と非常に長い。このことを利用して、 ( ク ) にしばしば用いられる。単一の元素で出来ている純物質を ( ケ ) と呼ぶ。 ( ケ ) の中で、結晶構造や原子配列が異なる組みあわせのことを ( コ ) と呼ぶ。炭素の ( コ ) では、非常に硬く透明な結晶である ( サ ) と、軟らかく鉛筆の芯の原料に使われる ( シ ) がよく知られている。

問7 25°C, 1 atm の下で、 $N_2O_4$  は一部  $NO_2$  に解離して平衡状態になっている。 次の問いに答えよ。なお、気体は全て理想気体であるものとし、この温度における気体の体積は 1 mol あたり 24.8 L とする。また、窒素と酸素の原子量はそれぞれ 14, 16 とする。

- (1) 下線部について化学反応式で示せ。 $N_2O_4$  が左辺にくるように記述すること。
- (2) 平衡定数の式を書け。
- (3) 平衡混合物の密度は、3.23 g/L となった。混合気体が 1 mol あるとき、 $N_2O_4$  と  $NO_2$  の物質量を求めよ。計算の途中経過もわかるように書くこと。
- (4) 平衡定数の値を求めよ。
- (5) 同じ温度で体積を半分に圧縮した。平衡はどちらに移動するか。理由も答えよ。

問題用紙  
( 生物機能工学 )

物理分野 問 1 2 3 4

問1 水平面上の点Aと点Bとは距離  $x$  だけ離れている。点Aの鉛直上方に設置した発射台から、質量  $m$  の小球を速さ  $u$  で水平方向に発射したところ、小球は点Bに落下した。重力加速度を  $g$  とするとき、次の(1)～(4)の問いについて、解き方考え方を含めて答えよ。なお、空気による摩擦は考えないものとする。

- (1) 発射直後の小球の運動エネルギーを答えよ。
- (2) 飛行中に小球に働く力の大きさと方向とを答えよ。
- (3) 発射してから落下するまでの時間を答えよ。
- (4) 落下直前の小球の速さを答えよ。

問2 なめらかな水平面上に静止していた質量  $2.0 \text{ kg}$  の質点に、質点に働く重力と同じ大きさの力を水平方向に一定時間加えると、質点は  $3.0 \text{ m/s}$  の速さになった。このとき、次の(1)～(4)の問いについて、解き方考え方を含めて答えよ。なお、重力加速度は  $9.8 \text{ m/s}^2$  を用いよ。

- (1) 力を加えたあとの質点の運動エネルギーと運動量の大きさとを答えよ。
- (2) 質点に加えた力積の大きさを答えよ。
- (3) 力を加えていたのは何秒間か。
- (4) 力を加えていた間に質点が移動した距離を答えよ。

**問題用紙**  
( 生物機能工学 )

物理分野 問1 2 3 4

問3 長さ  $L$  の軽い糸の一端に質量  $m$  の質点Aをつけ、糸の他端を持って、質点Aを毎秒  $n$  回で等速円運動させた。次の(1)～(4)の問いについて、解き方考え方を含めて答えよ。なお、空気などによる摩擦や重力は考えないものとする。

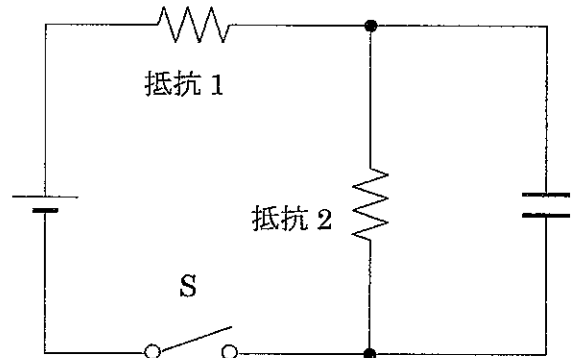
- (1) 質点の角速度と速度とを答えよ。大きさのみの解答でよい。
- (2) 質点の加速度の大きさを答えよ。
- (3) 糸の張力の大きさを答えよ。
- (4) 糸が切れないように張力を  $T$  以下にするとき、 $n$  の最大値を答えよ。

# 問題用紙

( 生物機能工学 )

物理分野 問1 2 3 4

問4 右の図は、内部抵抗の無視出来る電池（起電力  $V$ ）、コンデンサ（静電容量  $C$ ）、抵抗1および2（抵抗値は  $R_1$  および  $R_2$ ）からなる回路である。最初スイッチ  $S$  は開いており、(A)～(D) の操作を行った。次の(1)～(13)の問いについて、解き方考え方を含めて答えよ。



(A) スイッチ  $S$  を閉じた。

- (1) その直後に抵抗1を流れる電流はいくらか。
- (2) その直後に抵抗2を流れる電流はいくらか。

(B) スイッチ  $S$  を閉じたのち、コンデンサに蓄えられた電荷が  $Q$  になった。回路は定常状態になる前とする。

- (3) コンデンサにかかる電圧はいくらか。
- (4) 抵抗2に流れる電流はいくらか。
- (5) 抵抗1にかかる電圧はいくらか。
- (6) 電池を流れる電流はいくらか。
- (7) コンデンサに流れ込む電流はいくらか。

(C) 電池の起電力を  $12\text{ V}$ 、抵抗値  $R_1$  を  $4.0\text{ k}\Omega$ 、抵抗値  $R_2$  を  $2.0\text{ k}\Omega$ 、コンデンサの静電容量を  $4.0\text{ }\mu\text{F}$  とする。スイッチ  $S$  を閉じて十分な時間が経過し、定常状態になった。

- (8) 抵抗2を流れる電流はいくらか。
- (9) コンデンサにかかる電圧はいくらか。
- (10) コンデンサに蓄えられるエネルギーはいくらか。
- (11) 電池が失うエネルギーは毎秒いくらか。

(D) 上の設問(C)の定常状態にある回路のスイッチ  $S$  を開いた。

- (12) スイッチ  $S$  を開いた直後、コンデンサから流れ出る電流はいくらか。
- (13) スイッチ  $S$  を開いて十分な時間が経過し、再び定常状態になった。このとき、コンデンサにかかる電圧はいくらか。