

# 令和3年度 入学試験問題

## 医学部（Ⅱ期）

### 理科

#### 注意事項

1. 試験時間 令和3年3月6日、午後1時30分から3時50分まで

2. 配付した試験問題(冊子)、解答用紙の種類はつぎのとおりです。

(1) 試験問題(冊子、左折り)(表紙・下書き用紙付)

化学(その1)、(その2)

生物(その1)、(その2)

物理(その1)、(その2)

(2) 解答用紙

化学(その1) 1枚(上端赤色)(右肩落し)

〃(その2) 1枚(上端赤色)(左肩落し)

生物(その1) 1枚(上端緑色)(右肩落し)

〃(その2) 1枚(上端緑色)(左肩落し)

物理(その1) 1枚(上端青色)(右肩落し)

〃(その2) 1枚(上端青色)(左肩落し)

以上の中から選択した2分野(受験票に表示されている)が配付されています。

3. 下書きが下書き用紙で足りなかつたときは、試験問題(冊子)の余白を使用して下さい。

4. 試験開始2時間以降は退場を許可します。但し、試験終了10分前からの退場は許可しません。

5. 受験中にやむなく途中退室(手洗い等)を望むものは挙手し、監督者の指示に従って下さい。

6. 休憩のための途中退室は認めません。

7. 退場の際は、この試験問題(冊子)を一番上にのせ、挙手し、監督者の許可を得てから、試験問題(冊子)、受験票、下書き用紙および所持品を携行の上、退場して下さい。

8. 試験終了のチャイムが鳴ったら、直ちに筆記をやめ、おもてのまま上から解答用紙(選択した2分野の解答用紙、計4枚、化学(その1)、化学(その2)、生物(その1)、生物(その2)、物理(その1)、物理(その2))、試験問題(冊子)の順にそろえて確認して下さい。

確認が終つても、指示があるまでは席を立たないで下さい。

9. 試験問題(冊子)はお持ち帰り下さい。

10. 試験終了後の会場退室に当たっては、誘導の指示に従って下さい。

# 化 学 (その 1)

## 注 意 事 項

1. 解答は所定の解答用紙の解答欄に記入せよ。
2. 問題 **1** ~ **4** を通じ、その必要があれば、次の数値を用いよ。  
原子量 H = 1.00, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0, Al = 27.0,  
S = 32.0, Cu = 63.5, Zn = 65.4

**1** 次の文を読み、間に答えよ。

ベンゼンは炭素と水素から構成される環状の化合物であり、医薬品をはじめとする様々な化学物質の原料として利用されることが知られる。

問 1 ①—⑧にベンゼンの誘導体を合成する際に用いられる実験手順を示した。次の1)～3)の設問に答えよ。

- ① 高温・高圧条件下で水酸化ナトリウム水溶液と反応させる。
- ② 塩化メチルを加えて塩化アルミニウムを触媒として反応させる。
- ③ 無水酢酸を加えて加熱する。
- ④ 高温・高圧の状態で二酸化炭素を反応させ、さらに希硫酸を加えて反応させる。
- ⑤ 希塩酸酸性下で亜硝酸ナトリウム加え、低温で反応させる。
- ⑥ 濃硝酸と濃硫酸の混合物を加えて、約 60 °C で反応させる。
- ⑦ 塩化鉄(III)を触媒として加え、反応物質と等物質量の塩素を通じる。
- ⑧ 塩化スズ(II)と濃塩酸を加えて反応させ、さらに強塩基を加えて反応させる。

1) ベンゼンからアセチルサリチル酸を合成する際の手順として適切なものを①—⑧の中から選び、正しい順番にならべかえよ。

(例) ①→②→③→④

2) 1)の手順を 1 点のみ変更してサリチル酸メチルを合成したい。この際変更すべき手順の番号を①—⑧から選び、変更後の手順を 30 文字以内で答えよ。

3) ベンゼンを⑥→⑧→⑤の手順で反応させたところある生成物 X が得られた。この際、手順⑤は低温で行う必要があるが、これは温度の上昇にともない生成物が分解され、気体 Y を発生しながら分解産物 Z となるからである。X～Z の名称を答えよ。

問 2 ここにアニリン、ニトロベンゼン、サリチル酸メチルおよびアセチルサリチル酸を含むジエチルエーテルの混合溶液がある。この溶液を図 1 のような手順で分離した。次の設問に答えよ。

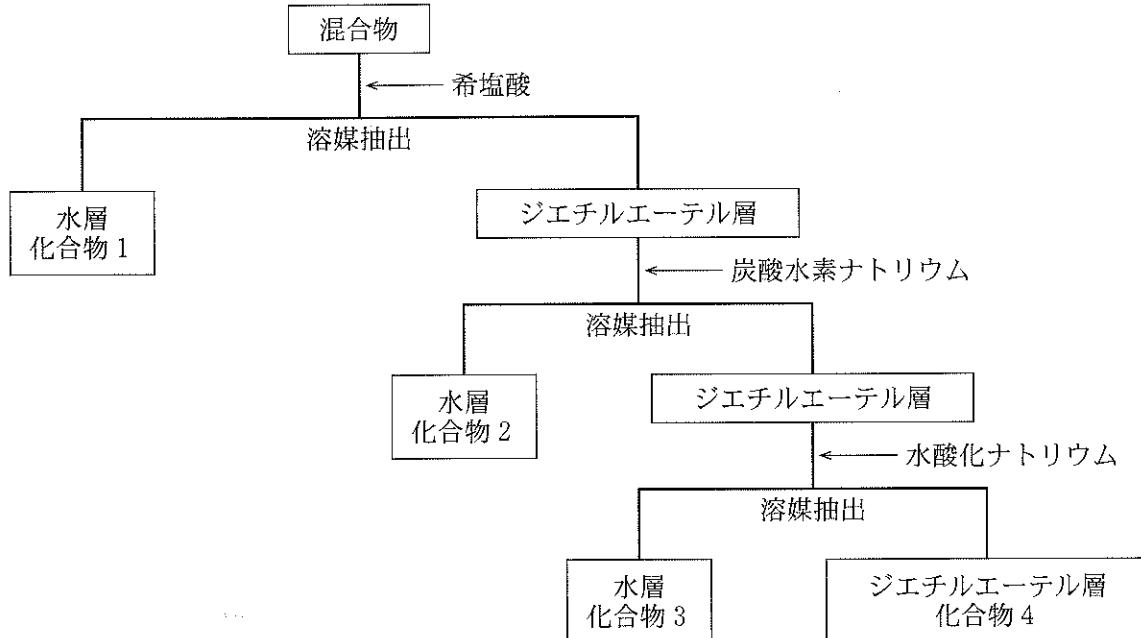


図 1

- 1) アセチルサリチル酸は化合物 1—4 のどこに抽出されるか答えよ。
- 2) 化合物 1—4 を含む溶液を適切な酸または塩基溶液で中和した上で、適切な確認試験を行ふことで、化合物 1—4 であることを確認したい。それぞれの化合物について、次の(ア)～(キ)の選択肢から適切な呈色試薬を答えよ。なお、複数必要な場合は組み合わせを解答せよ。適切なものがない場合は(ク)を選べ。

- (ア) ヨウ素
- (イ) 二クロム酸カリウム
- (ウ) 塩化鉄(Ⅲ)水溶液
- (エ) 硫酸銅(Ⅱ)水溶液
- (オ) 硫酸水溶液
- (カ) 炭酸水素ナトリウム溶液
- (キ) 酒石酸カリウムナトリウムと水酸化ナトリウムの混合溶液
- (ク) 該当なし

問 3. 溶媒抽出の際には、互いに溶け合わない二液相の溶媒に、どちらの溶媒にも溶ける溶質を加え、よく混和して平衡状態をつくりだす。この際、各溶媒中での溶質の濃度を  $C_1$  および  $C_2$  とすれば、 $C_1$  と  $C_2$  の比は一定となる。 $C_1$  と  $C_2$  の比( $C_1/C_2$ )は分配係数  $K$  と呼ばれ、溶媒抽出を行う際の化合物の挙動を知るうえでよい指標となる。これを踏まえて、次の設問に答えよ。

- 1) ジエチルエーテルと水を用いて、化合物 A を溶媒抽出する場合を考える。水 100 mL に化合物 A が 1.00 g 溶解した溶液にジエチルエーテル 200 mL を加えてよく振り混ぜたとき、ジエチルエーテルに移行した A の質量[g]を四捨五入のうえ小数点第三位まで求めよ。ただし、操作中に溶液の体積変化はないものとし、化合物 A に対するジエチルエーテルと水の分配係数は  $K = C_{\text{ジエチルエーテル}}/C_{\text{水}} = 4.00$  とする。
- 2) 水 100 mL に化合物 A が 1.00 g 溶解した溶液に、ジエチルエーテル 200 mL を 100 mL ずつ分けて加え、溶媒抽出を 2 回行った。この際 2 回分の合計の A の収量は、1)に比べてどのように変化するか。増加、減少または不变で解答せよ。また、変化すると解答した場合、A の収量は 1) のときの収量に対して何% 变化するか。四捨五入のうえ小数点第二位まで求めよ。なお、1) の答えを計算で引用する場合、四捨五入をした後の数値を用いること。

2 以下の文を読み、間に答えよ。

炭化水素の水素原子をヒドロキシ基で置換した構造を有する化合物をアルコールとよぶ。第一級アルコールを酸化すると(①)が生じ、第二級アルコールを酸化すると(②)が生じることから、様々な有機化合物の原料としても利用される。エタノールは代表的なアルコールのひとつで、酒類として利用されるほか、消毒剤、溶剤としても利用される。工業的には、(③)をリン酸触媒のもと加熱・加圧( $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 7 MPa)して、水蒸気を作用させて製造される。一方、酒類としてのエタノールは、デンプンやグルコースを原料とし、酵素の作用で作られるが、この際に副生成物として気体の(④)が生じる。また、エタノールは濃硫酸を用いた脱水反応により他の化合物に変換することができる。実際、濃硫酸を $160\text{--}170\text{ }^{\circ}\text{C}$ に加熱しながらエタノールを加えると(⑤)が生じる。一方、濃硫酸を $130\text{ }^{\circ}\text{C}$ に加熱しながらエタノールを加えると(⑥)が生じる。

問 1 ①—⑥に該当する適切な語句を答えよ。

問 2 下線部(ア)について、デンプン 10 g に十分な量の酵素を反応させ、完全に発酵させると、標準状態で何 L の気体(④)が発生するか。ただし、標準状態における気体のモル体積は 22.4 L/mol とする。答えは四捨五入のうえ小数点第二位まで求めよ。

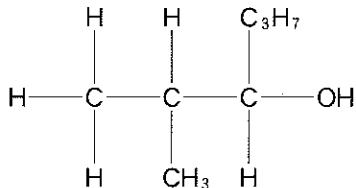
問 3 元素分析装置を用いてアルコール X 4.12 mg を完全に燃焼したところ、水 5.0 mg、二酸化炭素 10.3 mg が発生した。X の組成式を答えよ。

問 4 アルコール X の分子量は 50 以上 150 以下である。光学異性体は区別しないものとする  
と、X の構造には何通りの可能性が考えられるか解答せよ。

問 5 問 4 の異性体のなかで、酸化すると銀鏡反応が陽性となる化合物を生じるものは何種類存在するか。

問 6 問 4 の異性体の中で、最も沸点が高いものの構造式を例に従って解答せよ。

例



## 化 学 (その 2)

3

次の設問A～Cの間に答えよ。

ただし必要があれば次の数値を用いよ。

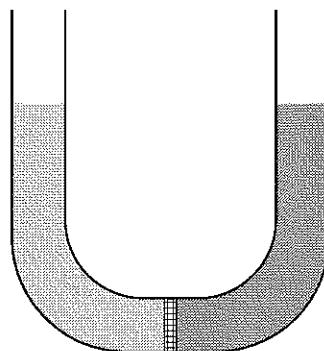
水銀の密度は  $13.6 \text{ g/cm}^3$ , 大気圧は  $1.0 \times 10^5 \text{ Pa}$  ( $= 76.0 \text{ cmHg}$ ),

気体定数  $R = 8.3 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$  とする。

設問A. 中央部に半透膜を張って左右対称に仕切ったU字管の一方に  $0.25 \text{ mol/L}$  のNaCl水溶液を  $100 \text{ mL}$  入れ、もう一方に物質  $\text{AB}_2$  (分子量 100)  $2.0 \text{ g}$  を純水に溶かして  $100 \text{ mL}$  としたものをいれた。 $27^\circ\text{C}$  でしばらく放置したところ、水面の差は生じなかった。 $\text{AB}_2$  の一部は水溶液中で以下のように電離する。

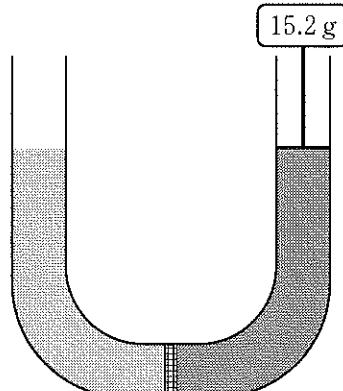


問 NaClの電離度を  $1.0$  としたときの  $\text{AB}_2$  の電離度  $\alpha$  を小数点以下第2位まで求めよ。小数点第3位以下の数値が出た場合は四捨五入せよ。



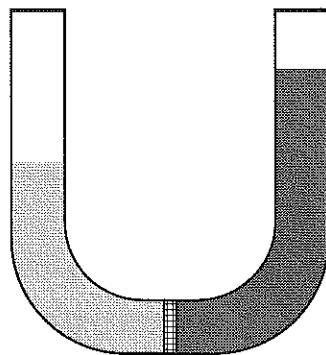
設問B. 断面積が  $2.0 \text{ cm}^2$  のU字管の中央部に半透膜を張ってU字管を左右対称に仕切った。

U字管の左側には  $50 \text{ mL}$  の純水、右側には電離も会合も起こすことのない物質Xを  $0.50 \text{ g}$  溶かした水溶液  $50 \text{ mL}$  を入れ  $27^\circ\text{C}$  に保った。U字管の右側には液面からの圧力を計測できる重量計を設置した。この重量計自体の質量は無視できるものとするため、重量計からは液面に加重はかかるないものとする。またこのU字管の左右の両方に純水を入れて同様に重量計の値を計測した場合には、右側の重量計は  $0.0 \text{ g}$  の値を示した。U字管の左側の上部は開放したままとなっている。またこの水溶液の密度は  $1.00 \text{ g/cm}^3$  とする。



問 U字管をしばらく放置したところ、右側の重量計は  $15.2 \text{ g}$  の値を示して値が安定した。その際、U字管内の液面の高さに変化は生じていないものとする。物質Xの分子量を四捨五入のうえ有効数字3桁で答えよ。

設問C. 大気圧下で電離も会合も起こすことのない物質Yを1.0 g含む水溶液300 mLを半透膜で仕切られた左右対称なU字管の右側に入れた。また同じく大気圧下でU字管の左側に純水300 mLを入れ、直ちにU字管の左右の上部(両口)を閉じた。両口を閉じた瞬間のU字管内の水溶液の液面より上の空間(気相)の体積は、左右ともに90 mLであり、管の断面積は $3.00\text{ cm}^2$ である。



問 このU字管を57 °Cでしばらく放置すると、右側の水溶液の液面が純水側の液面(左側)より20.0 cm高くなった。水溶液と純水の平衡状態における密度はともに $1.00\text{ g/cm}^3$ 、物質Yの水溶液ならびに水の蒸気圧、空気の水への溶解は無視でき、気相の温度は一定であるとした場合、平衡状態におけるY水溶液の浸透圧[Pa]を有効数字3桁で、物質Yの分子量を整数で答えよ。それぞれ指定の桁数以上の数値が出た場合には四捨五入せよ。

$$\begin{aligned} P_{\text{atm}} &= 101325 \text{ Pa} \\ P_{\text{gas}} &= 101325 \text{ Pa} \\ P_{\text{osmotic}} &= ? \text{ Pa} \\ M &= ? \text{ g/mol} \end{aligned}$$

$$P_{\text{gas}} = P_{\text{atm}} + P_{\text{osmotic}}$$

$$P_{\text{osmotic}} = \frac{M}{M + 1000} \times 101325 \text{ Pa}$$

$$M = ? \text{ g/mol}$$

**4** 以下の間に答えよ。

問 1 メタノールとエタノールの混合物 6.96 g を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素と水が 6 : 11 の物質量比(モル比)で得られた。以下の設間に答えよ。

問 a : 混合物に含まれるメタノールとエタノールの物質量比(モル比)を求めよ。

問 b : 生成した二酸化炭素は何 g か。小数点以下第 2 位まで求めよ。小数点第 3 位以下の数値が生じた場合には四捨五入せよ。

問 c : この反応で必要な酸素の最小の体積は標準状態で何 L か。小数点以下第 2 位まで求めよ。小数点第 3 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。なお、標準状態における酸素 1 mol の体積は 22.4 L とする。

問 2 水酸化ナトリウム(NaOH)を 0.020 mol/L、炭酸ナトリウム(Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)を 0.030 mol/L の濃度で含む混合水溶液 120 mL に対して、0.30 mol/L の希塩酸を用いて滴定をおこなったところ、( a )mL を要したところで第 1 中和点となった。そのまま滴定を続けると希塩酸を合計( b )mL したところで第 2 中和点に達した。

上記の文章の a, b に入る値を整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合は四捨五入せよ。

問 3 ダニエル電池の放電により正極側の電極の質量が 3.81 g 変化した。放電前、素焼き板で仕切られた正極側には 0.10 mol/L の濃度の電解液が 1.0 L 入れられていた。放電後の正極側の水溶液のモル濃度[mol/L]を小数点以下第 2 位まで求めよ。小数点第 3 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

なお放電前後で電解液の体積は変わらないものとし、電解液中に設置された素焼き版を通過するのは陰イオンのみであり、金属イオンの通過はないものとする。

問 4 タンパク質中の大まかな窒素含有率(質量パーセント)を求める方法にケルダール法というものがある。ケルダール法では、以下の方法により捕集した NH<sub>3</sub> の物質量(mol)は、分析した食品に含まれるタンパク質中の窒素原子 N の物質量(mol)に等しいことを応用している。

ケルダール法をもちいて、ある食品 0.25 g を濃硫酸で加熱分解すると、食品中のたんぱく質に含まれる窒素がすべて硫酸アンモニウムに変化した。これをアルカリ性にすることで発生したアンモニアを 0.10 mol/L の希硫酸 20 mL にて完全に吸収した。この溶液中に残存する硫酸を 0.10 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ 21 mL が必要であった。

この食品中の窒素含有率(質量パーセント)は何 % か。小数点以下第 1 位まで求めよ。小数点第 2 位以下の数値が生じた場合には四捨五入せよ。

問 5 エチレン(気体)に水素(気体)が付加することによってエタン(気体) 1 mol を生成する時の反応熱は 168 kJ/mol である。C-H 結合の結合エネルギーは 413 kJ/mol, H-H の結合エネルギーは 436 kJ/mol, 炭素原子間の単結合の結合エネルギーが 368 kJ/mol であるとき, 炭素原子間の二重結合の結合エネルギー [kJ/mol] を整数で求めよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。

問 6 不純物を含むアルミニウムの粉末 2.0 g に希硫酸を加えてアルミニウムをすべて溶かしたところ, 0.080 mol の水素が発生した。この粉末に含まれるアルミニウムの純度は質量パーセントで何%か。整数で答えよ。小数点以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。  
ただし不純物は硫酸と反応しないものとする。

# 生物（その1）

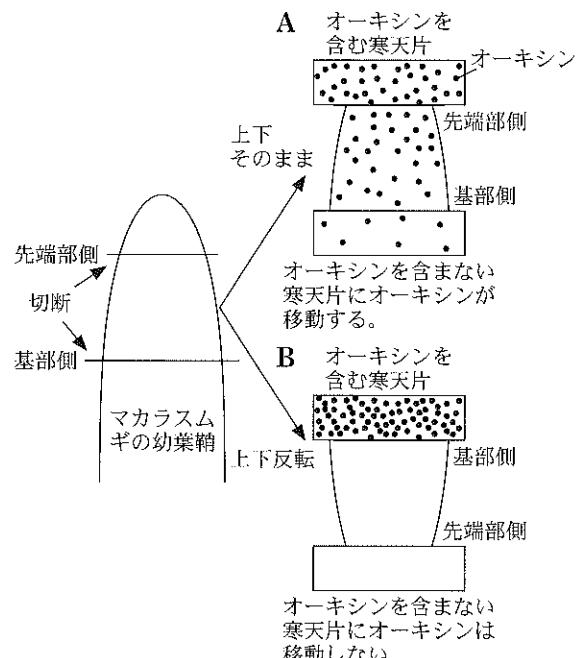
1 次の文章を読み、以下の問いに答えなさい。

植物は発芽した後、茎や根を伸ばして成長する。植物細胞はセルロース纖維を主成分とするかたい細胞壁をもっているため、細胞が伸長するためには細胞壁の構造をゆるめる必要があり、これに植物ホルモンであるオーキシンが関与している。オーキシンは植物の成長を促進する作用のある一群の化学物質の総称であり、植物が合成する天然のオーキシンとして知られている化学物質には（ア）がある。オーキシンはプロトンポンプを活性化し細胞外の酸性化を引き起こす。またセルロース纖維どうしのつながりをゆるめる酵素の合成・分泌を促進する。この酵素の最適pHは酸性であるため、細胞壁が柔らかくなる。これに引き続いて起こるカリウムイオンの流入とそれにともなう水の流入により細胞が成長する。

セルロース纖維の方向は、細胞膜の内側に張り付くように存在する微小管とセルロース合成酵素複合体の働きで決まると考えられている。（イ）や（ウ）はセルロース纖維を茎の上下軸に対して垂直にそろえる。一方、接触刺激などによって合成される（エ）はセルロース纖維を平行にそろえる。オーキシンが作用すると、前者では茎の（①）方向の成長が、後者では茎の（②）方向の成長がおきる。

オーキシンは主に茎の先端部で合成され下降して細胞の成長を促進する。図Aに示すようにオーキシンを含む寒天片をマカラスムギの幼葉鞘の切断片の先端部側にのせると、オーキシンは先端部側から基部側へと移動するが、図Bに示すように基部側にオーキシンを含む寒天片をのせても移動しない。このような方向性をもった物質の移動を（オ）という。一般に植物の茎は光に向かって成長する。これを正の光屈性という。幼葉鞘の先端部に片側から光が照射されると、その刺激は（カ）という青色光を受容する光受容体によって受け取られる。（カ）はオーキシン排出輸送体の細胞膜上で分布を変化させ、オーキシンを光のあたっている側から陰側へと横方向に輸送させる。その結果、先端部では陰側のオーキシン濃度が高くなる。この濃度差のままオーキシンは基部方向に輸送される。そのため伸長部では光のあたっている側よりも陰側のオーキシン濃度が高くなり、陰側の伸長成長が促進され、茎は光の方向に屈曲する。

一般に植物は重力に対しても屈性がある。マカラスムギの芽生えを暗所で水平におくとオーキ



シンが重力方向に移動して下側のオーキシン濃度が高くなる。重力の感知には根冠のコルメラ細胞  
(b)  
や維管束内皮細胞にある( キ )とよばれるデンプン粒を含む色素体が関与している。この色  
素体は重力によって細胞の下側に移動する。これが刺激となりオーキシン排出輸送体の細胞膜上  
での分布が変化し、下側のオーキシン濃度が高くなる。その結果、茎は上方に屈曲し、根は下方  
(c)  
に屈曲する。

問 1 ( ア )～( キ )に適切な語句を入れなさい。

問 2 ( ① )( ② )に適切な漢字 1 字を入れなさい。

問 3 下線部(a)について、微小管以外の細胞骨格としての役割を担っている 2 種類の纖維の名称  
を答えなさい。

問 4 下線部(b)について、この色素体が重力によって細胞の下側に移動するのは、他の細胞小器  
と比べて、この色素体がどのような特徴を持っているからと推測されるか 6 字以内で答え  
なさい。

問 5 下線部(c)の理由を解答欄の枠内で説明しなさい。

問 6 幼葉鞘の光屈性について、ダーウィンらは幼葉鞘の先端を切り取ると光の照射方向に幼葉  
鞘が屈曲しないこと、幼葉鞘の先端に不透明なキャップをかぶせると光の照射方向に幼葉鞘  
が屈曲しないこと、下部を遮光しても光の照射方向に幼葉鞘が屈曲することを見出した。こ  
の実験に関する考察として適当なものを次の a ~ e の中からすべて選び a ~ e の記号で答  
えなさい。適当なものがない場合には「なし」と記入しなさい。

- a 光の向きは幼葉鞘の先端で感受される。
- b 幼葉鞘の先端で光屈性に関与する物質が合成される。
- c 光の照射と反対側に光屈性に関与する物質が移動する。
- d 光屈性を引き起こすためには幼葉鞘の先端が必要である。
- e 幼葉鞘の先端で合成された光屈性に関与する物質は基部に移動する。

2 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えなさい。

ニューロンはその働きから 3 つに大別できる。1 つめは目や耳、皮膚などの受容器で受け取られた情報を中枢神経に伝える感覚神経を構成するニューロンで感覚ニューロンという。2 つめは中枢神経系を構成するニューロンで(ア)という。(ア)どうしがつながりあうことによつて複雑な神経回路網を形成する。3 つめは中枢からの情報(命令)を効果器(筋など)へ伝える運動神経を構成するニューロンで運動ニューロンという。

光や音などの外界からの刺激は受容器で受け取られる。受容器自体が感覚ニューロンである場合と、受容器と感覚ニューロンが独立している場合がある。それぞれの受容器は特定の刺激に対して応答しやすく、この刺激を(イ)という。多くの受容器では(イ)の大きさがより大きいとより大きく脱分極<sup>注1</sup>する。この電位を受容器電位といい、閾値に達すると活動電位が生じる。活動電位は生じるか生じないかであり、その大きさは刺激の強さに関わらず一定である。これを全か無かの法則という。生じた活動電位は感覚ニューロンの軸索を伝導し、次のニューロンへと伝えられる。

ニューロンの軸索の末端を神経終末といい、(ア)の神経終末は別の(ア)の細胞体や(ウ)にごく狭いすきまをへだてて接続している。この接続部位を(エ)といい、すきまを(オ)という。神経終末側の(ア)を(カ)、細胞体や(ウ)側の(ア)を(キ)という。神経終末の内部には小胞が数多く存在し、その中に神経伝達物質が入っている。活動電位が神経終末部まで伝導すると、神経終末部にある電位依存性のイオンチャネルが開き(ク)が流入する。その結果、神経伝達物質が(オ)に放出され、(キ)の細胞膜上にあるイオンチャネルを直接あるいは間接的に開き、膜電位を変化させる。(キ)の膜電位変化が脱分極性の場合、この電位を(ケ)という。一方、膜電位変化が過分極性<sup>注1</sup>の電位を(コ)という。

注1：脱分極とは静止電位がより浅く、0ボルトに近づく膜電位の変化をいう。一方、静止電位がより深く、よりマイナスになる膜電位の変化を過分極という。

問1 (ア)～(コ)に適切な語句を入れなさい。

問2 感覚の強さの情報は中枢神経系のニューロンに何に変換されて伝えられるか、それぞれ「感覚ニューロン」を1回用い、「感覚ニューロン」の7字を含め各20字以内で2つ答えなさい。

**3** 次の文章を読み、以下の問い合わせに答えなさい。

ある一定の地域で生活する同じ生物種の個体の集まりを個体群という。個体群は適当な生活空間と食物などがあれば個体数を増やす。これを個体群の成長といい、その変化の過程を表したグラフを個体群の成長曲線という。ある生物が生活する単位空間当たりの個体数を(ア)という。生存と繁殖に必要な資源に制限がなければ個体数は際限なく増えていく。しかし資源には限りがあることが多く、維持できる個体数には上限がある。この維持できる最大の個体数を(イ)という。(ア)の上昇は、個体群の増殖率の低下だけでなく、個体の発育や生理・形態などにも影響を及ぼす。このような効果を総称して(ウ)という。ダイズの場合、(ア)が高いほど個々の植物体は小さくなる。しかし個体群全体の重さは成長に伴って一定の値に近づく傾向がある。これを(エ)の法則という。個体群を構成する個体数を推定する方法として、植物や動きの少ない動物に対しては(オ)が、行動範囲が広い動物の個体群では標識再捕法(a)用いられる。

動物の中には同種の個体が集まって統一的な行動をとるものが多く、このような集合を群れという。群れは、集まることによって利益がある一方で不利益もある。一般に群れが大きくなるほど(①)に費やす時間は減少するものの、(②)に費やす時間は増加する。そのため、(①)と(②)に費やす時間の和が最も小さくなる大きさが群れの最適な大きさとなる。

自然界では多くの生物種の個体群が一定地域内に存在する。一定地域内に生息し、さまざまな関係を及ぼしあっている生物の個体群をひとまとめにして(カ)という。競争と捕食は(カ)の形成にかかわる重要な相互作用である。(カ)において、食物網に占める位置や生活空間、活動時間などの資源の利用の仕方はどの個体群でも決まっている。(カ)内における地位を(キ)という。(キ)が異なると種間競争が緩和され、同じ場所に多くの種が共存できる。捕食は競争的排除が生じるのを防ぐ働きを持っている。ペインはある湾の岩礁潮間帯で以下の実験をおこなった。この岩礁潮間帯ではヒトデはおもにフジツボとイガイを捕食し、イボニシはおもにフジツボを捕食していた。フジツボ、イガイ、カメノテは水中のプランクトンを食べ、ヒザラガイとカサガイは岩礁表面に生える藻類を食べていた。そしてペインは捕食者であるヒトデをこの岩礁潮間帯から継続的に除去した。実験を開始して1年後にはイガイが岩礁をほとんど覆いつくし、実験開始前にみられた15種類の生物が8種類にまで減少した。食物網における上位の捕食者であるヒトデが、生態系のバランスを保ち、多種共存を可能にしていたことが分かる。このような種を(ク)という。

問1 (ア)～(ク)に適切な語句を入れなさい。

問2 ①②に10字以内の適切な語句を入れなさい。

問3 ヒトデ、ヒザラガイ、フジツボが属する動物門の名称をそれぞれ答えなさい。なおヒザラガイはタコと、フジツボはエビと同じ動物門に属している。

問 4 下線部(a)を用いて以下の個体群を構成する推定個体数を答えなさい。ただし小数点以下は四捨五入し、整数で答えなさい。

ある池のある地点で、投げ網でフナを捕獲したところ、52 匹捕獲できた。そのすべてのフナに標識をつけてから放し、1 週間後に同じ人が再度、同一方法、同一地点、同一時刻に捕獲したところ、47 匹捕獲され、その中に標識されたフナは 7 匹いた。

問 5 二度の捕獲を同じ条件、すなわち同一方法、同一地点、同一時刻、同様の気象条件で同じ人がおこない、標識再捕法を用いてある個体群の個体数を推定する場合、推定が正確であるために必要なその他の条件を 3 つ、句読点も文字数に含めそれぞれ 30 字以内の 1 文で答えなさい。なお調査期間中に個体群に影響を与える気象現象や地殻変動等の異常な事象は起きないものとする。

## 生 物 (その 2)

4

次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

① 真核生物では核の DNA は染色体に存在しており、ヒトの体細胞の染色体数は(ア)本である。真核生物の DNA は(イ)と呼ばれる塩基性タンパク質に巻きついている。この最も基本的な単位構造をヌクレオソームという。ヌクレオソームは数珠状に連なって(ウ)を作り、これが折りたまれ圧縮されて染色体を形成している。また、真核生物の遺伝情報は、DNA 上の 4 つのデオキシリボヌクレオチドの配列により決められている。DNA の遺伝情報はアデニン、グアニン、シトシン、(エ)という 4 種類の塩基を含むリボヌクレオチドからなる(オ)に転写され、この(オ)の特定部位に RNA とタンパク質からなる(カ)が結合することによりタンパク質合成が開始される。タンパク質合成に際してはアミノ酸と結合した一群の(キ)と呼ばれる比較的分子量の小さい RNA が重要な役割を果たす。タンパク質に翻訳される(オ)の他に非翻訳 RNA も様々な働きをしている。細胞内に存在する短い 2 本鎖 RNA が、RNA 分解酵素によって小さな 1 本鎖 RNA となり、タンパク質と結合して複合体を形成する。この複合体が(オ)の(ク)的な塩基配列に結合すると(オ)を分解したり、翻訳を阻害したりする。

問 1 (ア)～(ク)に適切な語句を入れなさい。

問 2 下線部 A に関して、ヌクレオソームの構造を DNA および(イ)がわかるように図を用いて説明しなさい。

問 3 下線部 B に関して、この様な遺伝子の発現抑制は何と呼ばれているか答えなさい。

② 原核生物である細菌は環境変化に応じて遺伝子発現が調節されている。例えば大腸菌はトリプトファンというアミノ酸を周囲の環境から取り込むが、周囲の環境からの供給が足りない時には、他の分子から合成する。この生合成経路には 5 つの酵素遺伝子が存在する。これらの遺伝子は染色体上の 1ヶ所にまとまっており、1 個のプロモーターから転写されて 1 本の(オ)分子が作られる。このそろって転写される遺伝子群のことを(ケ)と呼ぶ。大腸菌内のトリプトファン濃度が低い時には RNA ポリメラーゼが(コ)に結合して(ケ)の 5 つの酵素遺伝子を転写する。トリプトファン濃度が高い時には、(サ)がトリプトファンと結合して活性化し、オペレーターに結合する。そうすると RNA ポリメラーゼは(コ)に結合できなくなる。大腸菌内のトリプトファン濃度が低下すると、(サ)はオペレーターから解離する。この様にして大腸菌は環境変化に対応している。

問 4 (ケ)～(サ)に適切な語句を入れなさい。

問 5 トリプトファンはヒトの成人における必須アミノ酸の一つである。ヒトの成人における必須アミノ酸はその他にバリン、イソロイシン、ロイシン、リシン、トレオニンなど9種類が知られている。残りの3種類を答えなさい。

問 6 (サ)遺伝子に変異が起こり、トリプトファンの有無に関係なく5つの酵素遺伝子の転写が起こらなくなった。(サ)はどの様に変化したと考えられるか。40字以内で答えなさい。

（サ）

**5** 次の文章を読み、以下の質間に答えなさい。

① 免疫系は病原体からヒトのからだを守っている。自然免疫は生体防御の最前線であるが、ある種の病原体を認識することはできず、再感染を防ぐ特異的防御免疫を提供できない。自然免疫においては(ア)と呼ばれるタンパク質が病原体の分子パターンを認識している。生後獲得する獲得免疫では、様々な外来抗原を認識することができる。病原体などの異物を体内に侵入させない防御機構として、(イ)や粘膜があげられる。これらの防御機構を破って異物が体内に侵入すると、食作用を有する(ウ)やマクロファージなどの白血球が異物を処理する。さらに、病原体を認識して活性化された自然免疫細胞は、(エ)と総称される情報伝達物質であるタンパク質を放出する。この情報伝達物質の働きにより炎症反応が起こって、生体の恒常性が維持されている。獲得免疫には(オ)免疫と抗体を分泌する(カ)免疫がある。

問1 (ア)～(カ)に最適な語句を次の①～⑯から一つずつ選び、①～⑯の記号で答えなさい。

- |          |          |           |
|----------|----------|-----------|
| ① 細胞性    | ② 体液性    | ③ サイトカイン  |
| ④ ミオシン   | ⑤ アクチン   | ⑥ 好中球     |
| ⑦ B細胞    | ⑧ T細胞    | ⑨ 皮膚      |
| ⑩ 神経     | ⑪ 血管     | ⑫ トル様受容体  |
| ⑬ B細胞受容体 | ⑭ T細胞受容体 | ⑮ 免疫グロブリン |

問2 下線部Aに関して、炎症反応を誘引する(エ)の代表的な働きを一つ答えなさい。

② 臓器移植において、移植を受けたヒトのヘルパーT細胞が移植臓器を「非自己」であると認識すると、(キ)反応が起こる。ヘルパーT細胞の表面には(ク)と呼ばれる膜タンパク質が存在し、侵入してきた抗原を識別している。臓器移植の場合には個体に固有の膜タンパク質である(ケ)分子を識別する。ヒトの(ケ)は特に(コ)と呼ばれている。免疫グロブリンや(ク)とは異なり、(ケ)遺伝子は(サ)を起こすことも細胞分化の過程で構造変化を起こすこともない。(ケ)の多様性は遺伝的多型に富むことなどに起因する。遺伝的に均質な個体からなる集団を系統という。

系統の異なるマウスを用いて、皮膚移植の実験をおこなった。A系統のマウスの皮膚片をB系統のマウスに移植したところ、10日間で移植片は脱落した。さらに次の実験をおこなった。

実験1：生まれたばかりのB系統のマウスに、A系統のマウスのリンパ節組織をバラバラにして接種した。その後、成長したB系統のマウスにA系統のマウスの皮膚片を移植した。

実験 2 : A 系統のマウスの皮膚片をヌードマウスに移植した。

ヌードマウスは生まれつき( シ )を持たないことから機能的な T 細胞が存在しないマウスである。

問 3) ( キ )～( シ )に適切な語句を入れなさい。

問 4) 実験 1において、移植された皮膚片はどうなると考えられるか。理由を含めて 80 字以内で答えなさい。

問 5) 実験 2において、移植された皮膚片はどうなると考えられるか。適切なものを次から選びなさい。

A) 10 日で脱落する。

B) 10 日より長い期間で脱落する。

C) 10 日より短い期間で脱落する。

D) 生着する。

# 物 理 (その1)

1

なめらかで水平な床に傾斜角  $\theta$  の、なめらかな斜面を持つ質量  $M$  の三角柱 Q が置かれている。図のように斜面上に質量  $m$  の小さな物体 P を載せたところ、P と Q が動き出した。Q 上に P を載せたとき、両者の水平方向の重心位置が一致していたとする。P と Q の間に働く抗力の大きさ  $N$  を求める。重力加速度の大きさを  $g$  としたとき以下の文章の(1-1)～(5-1)の  に入る物理量を記しなさい。

- (1) P の水平方向と鉛直下向きの加速度の大きさをそれぞれ  $a_1$  と  $a_2$  としたとき、下に示す P の運動方程式の右辺を  $N$ ,  $m$ ,  $M$ ,  $g$ ,  $\theta$  の中から必要な物理量を用いて完成させなさい。同様に Q の水平左向き方向の加速度の大きさを  $a_3$  としたとき Q の運動方程式を完成させなさい。

$$ma_1 = \boxed{(1-1)} \quad (1)$$

$$ma_2 = \boxed{(1-2)} \quad (2)$$

$$Ma_3 = \boxed{(1-3)} \quad (3)$$

- (2) P が Q 上を滑り始めてから時間  $t$  に Q は水平方向左側に距離  $q (> 0)$  移動し、一方 P は Q に対して水平方向右側に距離  $p (> 0)$  移動した。また P は鉛直下向きに距離  $r (> 0)$  移動した。このとき  $\frac{q}{p}$  の値を  $m$ ,  $M$  を用いて表しなさい。

$$\frac{q}{p} = \boxed{(2-1)} \quad (4)$$

- (3) 時間  $t$  に、以下に示すそれぞれの運動方向への移動距離を  $p$ ,  $q$ ,  $r$  を用いて表しなさい。

$$\frac{a_1 t^2}{2} = \boxed{(3-1)} \quad (5)$$

$$\frac{a_2 t^2}{2} = \boxed{(3-2)} \quad (6)$$

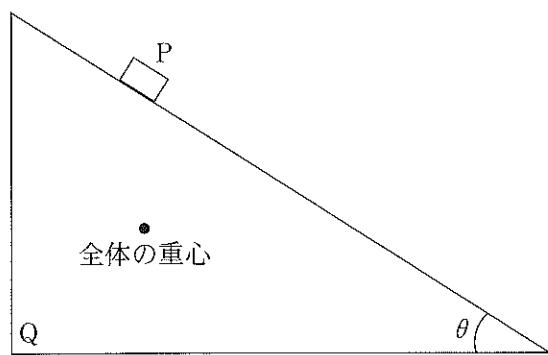
$$\frac{a_3 t^2}{2} = \boxed{(3-3)} \quad (7)$$

- (4) 以上の考察から下の式を得る。式の右辺を  $p$ ,  $q$ ,  $r$  の中から必要な物理量を用いて完成させなさい。

$$\tan \theta = \boxed{(4-1)} \quad (8)$$

- (5) 式(1)～(8)を連立させて  $N$  を  $m$ ,  $M$ ,  $\theta$ ,  $g$  を用いて表しなさい。

$$N = \boxed{(5-1)}$$



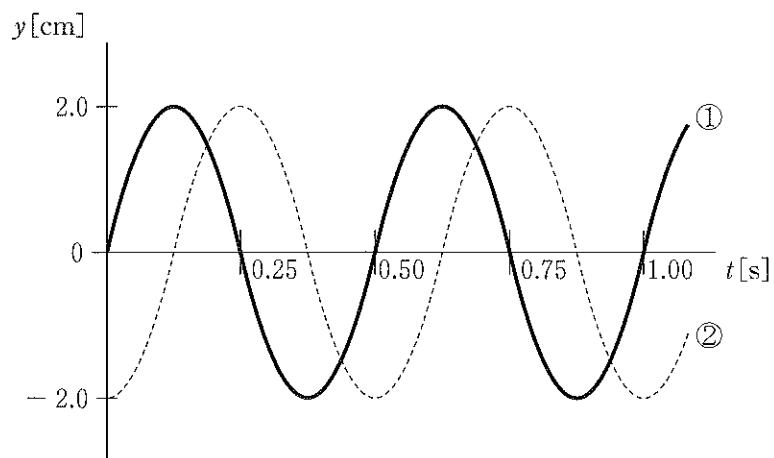
2

$x$  軸上を正の向きに正弦波型の横波が進んでいる。図は時刻  $t$  の時の変位  $y$  を示したグラフである。原点 O の媒質は図に示す①のような振動を示し、 $x$  軸上で原点 O から正の向きに 1.00 m 離れた点 P の媒質は図の②のような振動をしている。2 点 O と P との間には点 P と同位相で振動している点が 3 つある。

- (1) 時刻  $t = 0$  における位置  $x$  と変位  $y$  のグラフを解答用紙に描きなさい。
- (2) この正弦波の振動数  $f$ 、波長  $\lambda$ 、速さ  $v$  を求めなさい。
- (3)  $0 \leq t < 1.00$  (s) の間で、点 O の媒質の加速度が  $y$  軸の正の向きで最大となる時刻  $t$  はいくらか。
- (4) 時刻  $t$  における位置  $x$  の変位  $y$  を表す式を書き下しなさい。ただし振幅を  $A$ 、周期を  $T$ 、および波長を  $\lambda$  としなさい。

次に、 $x = 1.00$  m の位置で自由端反射が起きた場合を考える。このとき媒質には定常波が生じる。

- (5)  $0 \leq x < 1.00$  m の範囲に定常波の腹は何個あるか。また、原点 O に最も近い腹の位置  $x$  はいくらか。



## 物 理 (その 2)

3 図 1 の装置は金属板陰極 C、および陽極 P からなる光電管と、電池 B、可変抵抗 R、電圧計 V、および電流計 A からなる回路で構成されている。この装置において、陰極 C に外部から単色光を照射できるようになっている。光電管に光电流  $I$  が流れている状態で、陰極 C に対する陽極 P の電位  $V$  を下げていくとやがて  $-V_0$  で電流が流れなくなった。ただし  $V_0 > 0$  である。逆に電圧を上げていくとある電圧以上で光电流が  $I_0$  となり変化しなくなった(図 2)。振動数  $8.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$  の光を陰極 C に照射したところ、図 2 のグラフで  $V_0 = 1.5 \text{ V}$ ,  $I_0 = 0.80 \text{ mA}$  となった。このとき以下の問い合わせに答えなさい。なお真空中の光速度の大きさを  $3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ 、電気素量を  $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、プランク定数を  $6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$  とする。

- (1) 0.80 mA の電流が流れているとき、陰極 C から陽極 P に達する電子の数は毎秒何個か。
- (2) 陰極 C に照射した光子 1 個のエネルギーは何 J か。
- (3) 陰極 C から飛び出す光電子の最大運動エネルギー  $K$  は何 J か。
- (4) 陰極 C の仕事関数  $W$  は何 J か。
- (5) 陰極 C に対する限界振動数  $\nu_0$  を求めなさい。
- (6) 光の波長を一定に保ち、光の強さを  $\frac{1}{2}$  倍にしたとき、図 2 の曲線はどのように変わるか。

概略を解答用紙の図に実線で書き加えなさい。

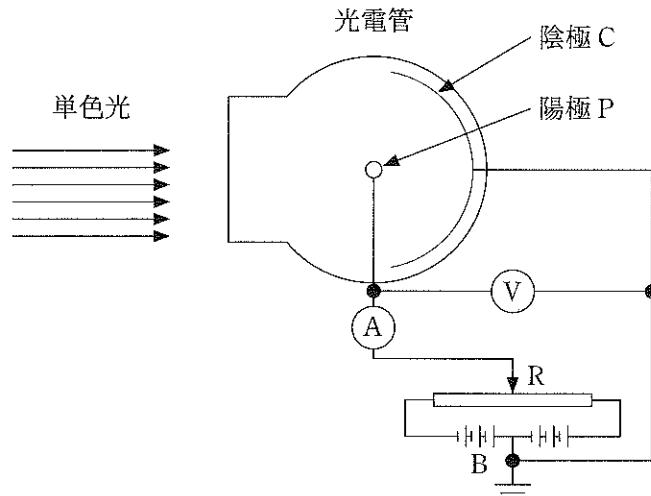


図 1

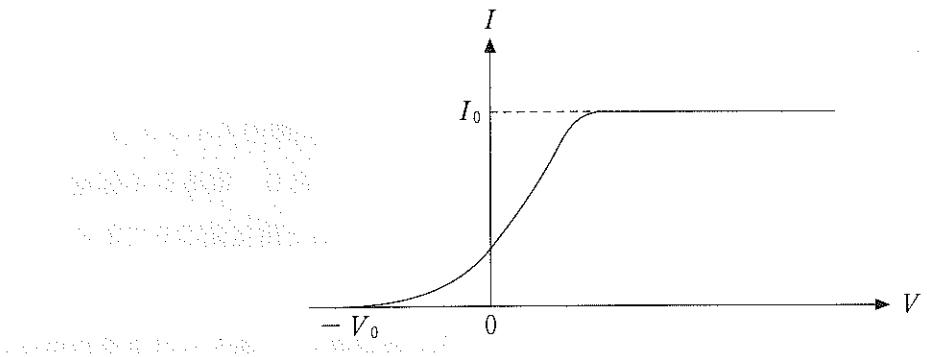


図 2

4

コンデンサーに関する以下の問い合わせに答えなさい。

A

図1のように、3個のコンデンサー $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ 、電池E、および2個のスイッチ $S_1$ 、 $S_2$ からなる回路がある。 $C_1$ 、 $C_2$ 、 $C_3$ の電気容量はそれぞれ $C$ 、 $2C$ 、 $3C$ であり、電池Eの起電力は $V$ であった。最初各スイッチは開いており、各コンデンサーに蓄えられた電気量は0である。

- (1) スイッチ $S_1$ を閉じ、 $C_1$ と $C_2$ を充電した。十分な時間が経過後 $C_1$ に蓄えられる電気量はいくらか。
- (2)  $C_1$ にかかる電圧はいくらか。

次に $S_1$ を開き、 $S_2$ を閉じた。 $S_2$ を閉じてから、十分に時間が経った。

- (3)  $C_3$ にかかる電圧はいくらか。
- (4)  $C_1$ に蓄えられる電気量はいくらか。

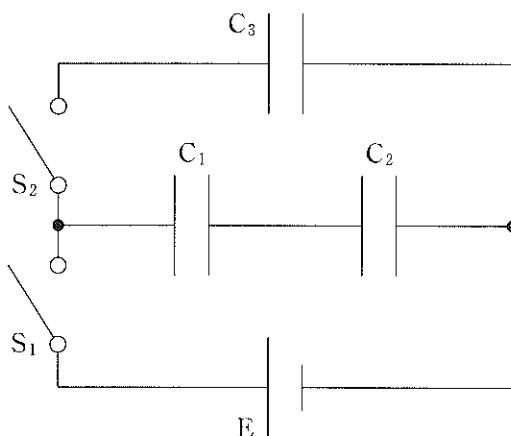


図1

B

真空中に図2のような、2枚の極板A, Bが平行に固定されたコンデンサーがある。電荷  $Q$  に充電されている。極板は一辺の長さが  $\ell$  の正方形で、極板間隔は  $d$  である。極板間の電界は一様で、電気容量は  $C_0$  であった。このとき極板と縦横が同じで、厚みが  $d$ 、比誘電率  $\epsilon_r$  の誘電体板を図3のように  $\frac{\ell}{2}$  だけ外力を加えて静かに挿入した。誘電体板と極板の横方向の端面はそろっている。

- (1) 図3のコンデンサーの電気容量を  $C_0$  と  $\epsilon_r$  を使って表しなさい。
- (2) 誘電体板の挿入に外力が行った仕事を  $C_0$ ,  $\epsilon_r$  および  $Q$  を使って表しなさい。

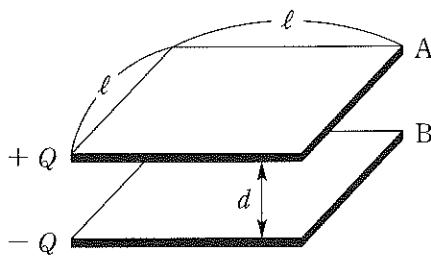


図 2

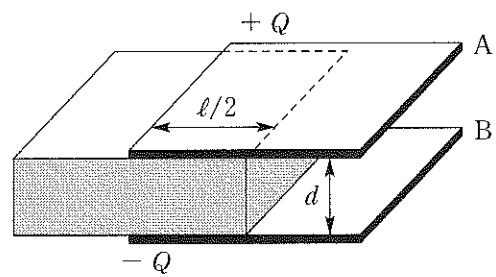


図 3