

# 令和5年度 入学試験問題

## 医学部 (I期)

### 理科

#### 注意事項

1. 試験時間 令和5年2月4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科目(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ったときは, 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, 受験票, 試験問題(冊子), 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科目の解答用紙, 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。

確認が終っても, 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)と下書き用紙は持ち帰って下さい。
  10. 試験終了後の会場退出に当たっては, 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, S：32.0, Cl：35.5,  
K：39.0, I：127

**1**

生体の構成成分の中で、水に不溶な成分を脂質と呼ぶ。脂質の一種である中性脂肪(油脂)はグリセロール(グリセリン, 1,2,3-プロパントリオール)の3つのヒドロキシ基のすべてに長鎖脂肪酸がエステル結合したものを指す。脂肪酸も脂質の一種であり、炭素数と炭素間二重結合数によって分類することができる。脂肪酸の中で、不飽和脂肪酸は植物由来の油脂に多く含まれる。一方、同じ脂肪酸でも飽和脂肪酸は動物由来の油脂に豊富で、炭素数が同じ場合不飽和脂肪酸と比べて融点が(①)。この性質は工業的にも利用されている。すなわち、不飽和脂肪酸を多く含む植物性の油脂にニッケルを触媒として水素を付加することで飽和脂肪酸を多く含む動物性の油脂の性質に近づけることができる。このような油脂は(②)と呼ばれ、マーガリンの原料として使用されている。

食物に含まれる油脂の品質や化学的特性を評価するため、さまざまな指標が用いられる。たとえば、けん化価とは油脂1gを加水分解するために必要な水酸化カリウムのmg量である。これは油脂に含まれる脂肪酸の(③)を反映する指標であり、高値を示す油脂には(④)脂肪酸が多く含まれると解釈される。一方、ヨウ素価とは油脂100gに付加するヨウ素の質量(g)と定義される。これは油脂に含まれる脂肪酸の(⑤)を反映する指標である。

問1 ①~⑤に該当する正しい語句を次の語群から選んでア~ナの記号で答えよ。

- |            |          |        |          |
|------------|----------|--------|----------|
| ア 高い       | イ 等しい    | ウ 低い   | エ 硬質油    |
| オ 硬化油      | カ 飽和油    | キ 飽和   | ク 不飽和    |
| ケ 立体配置     | コ シ ス    | サ トランス | シ 二重結合の数 |
| ス エステル結合の数 | セ リン酸基の数 | ソ 短鎖   | タ 中鎖     |
| チ 長鎖       | ツ 遊離     | テ 分子量  | ト 融点     |
| ナ 密度       |          |        |          |

問 2 未知の油脂 A について、次の問いに答えよ。

- 1) 油脂 A には脂肪酸  $C_{18}H_{36}O_2$  および脂肪酸  $C_{18}H_{34}O_2$  のみが含まれ、その物質質量比は 1 : 2 である。この油脂の平均分子量とけん化価を求めよ。なお、けん化価については四捨五入のうえ小数第一位まで求めよ。
- 2) 油脂 A のヨウ素価を計算せよ。四捨五入のうえ小数第一位まで求めよ。
- 3) 酸価とは油脂 1.00 g に含まれる遊離脂肪酸を中和するのに要する水酸化カリウムの質量 [mg] である。今、油脂 A (酸価 0 とする) から脂肪酸が一部遊離した状態の油脂 A' があり、この油脂 A' の酸価を測定したところ 1.68 であった。油脂 A 中に含まれる脂肪酸と、油脂 A' 中に含まれる遊離脂肪酸の組成が同じと考えた場合、油脂 A' 10.0 g あたりに含まれる平均遊離脂肪酸量 [mg] を計算せよ。四捨五入のうえ小数第一位まで求めよ。

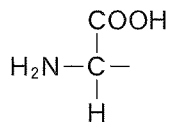
問 3 ここに未知の油脂 B がある。5.00 g の油脂 B にニッケル触媒下で水素を付加し、完全に反応させた場合、要した水素は標準状態で 0.251 L であり、油脂 B は油脂 C に変換された。さらに、1.00 g の油脂 C を完全にけん化したところ、要した 0.05 mol/L 水酸化カリウム水溶液は 67.4 mL であり、反応液を酸性にすると 1 種類の飽和脂肪酸 D のみが生じた。次の問いに解答せよ。なお、気体の標準状態におけるモル体積を 22.4 L/mol とする。

- 1) 飽和脂肪酸 D の分子量と分子式を答えよ。分子量は小数第一位を四捨五入のうえ、整数で答えよ。
- 2) 1 分子の油脂 B に含まれる炭素間二重結合の数を整数で答えよ。

2

$\alpha$ -アミノ酸は基本骨格(式量 74)に側鎖 R が結合する形で構成される。側鎖 R に(ア)~(コ)の構造を有するアミノ酸について、次の問いに答えよ。

アミノ酸の基本骨格



R の構造

(ア)  $-\text{H}$

(キ)  $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NH}_2$

(イ)  $-\text{CH}_3$

(ク)  $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_2\text{NHC}(=\text{NH})\text{NH}_2$

(ウ)  $\begin{array}{c} \text{CH}_3 \\ | \\ -\text{CH}-\text{CH}_3 \end{array}$

(ケ)  $-\text{CH}_2-\text{C}_6\text{H}_4-\text{OH}$

(エ)  $-\text{CH}_2\text{OH}$

(コ)  $-\text{CH}_2\text{SH}$

(オ)  $-\text{CH}_2\text{COOH}$

(カ)  $-\text{CH}_2\text{CH}_2\text{COOH}$

問 1 アミノ酸の溶液に濃硝酸を加えて加熱すると黄色になる場合がある。この反応の名称と、反応する側鎖 R を記号で答えよ。また、次に示した反応原理の説明で、①および②に入る適切な語句を答えよ。

[反応原理の説明]

① が ② 化されることにより呈色する

問 2 (ア)~(コ)のいずれかを側鎖にもつ 3 種の異なるアミノ酸 A, B, C から構成される鎖状トリペプチド X を含む溶液がある。

- ・ X を加水分解するとジペプチド D およびジペプチド E が生じた。
- ・ D を加水分解すると A および B が生じた。
- ・ E を加水分解すると B および C が生じた。
- ・ それぞれアミノ酸 A, B, C を含む溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、中和した後に酢酸鉛(II)水溶液を加えると、A のみ黒色沈殿を生じた。
- ・ D および X の分子量はそれぞれ 236 および 399 であった。

1) A, B および C に該当するアミノ酸の側鎖 R を記号で選び、アミノ酸の名称を答えよ。

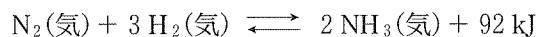
2) X の可能性としては何通りが考えられるか。ただし、立体異性体は区別しないものとする。

3) X を含む水溶液に水酸化ナトリウム水溶液を加えて塩基性にした後、薄い硫酸銅(II)水溶液を少量加えると赤紫色に呈色した。これは銅(II)イオンが X の  と反応して  を形成するためである。この反応の名称を答えるとともに、①および②に入る適切な語句を解答せよ。

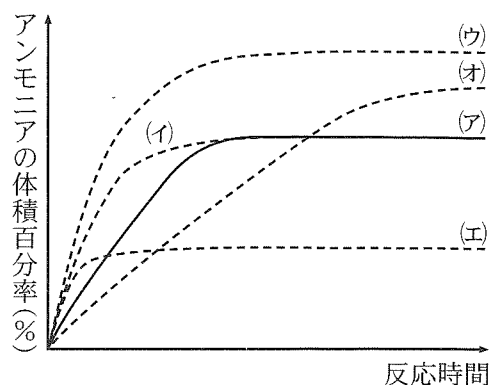
## 化 学 (その 2)

3

A. 右のグラフの実線(ア)は以下の反応による反応時間と生成されるアンモニアの物質量的変化を反応容器中のアンモニアの体積百分率で示している。



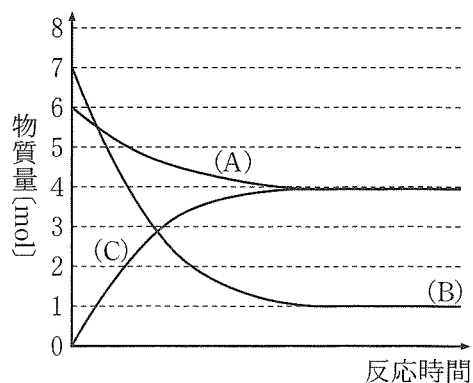
反応の条件を変えて測定したところ、反応時間とアンモニアの体積百分率がグラフ内の(イ)~(オ)の点線で表すように変化した。



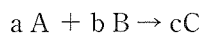
問 (イ)~(オ)のグラフとなるように加えられた反応条件の変更の説明に最も当てはまるものを以下の①~⑤の中からそれぞれ一つ選べ。

- ① 触媒の使用
- ② 圧力一定の下で反応系の温度を高くした
- ③ 圧力一定の下で反応系の温度を低くした
- ④ 温度一定の下で反応系の圧力を高くした
- ⑤ 温度一定の下で反応系の圧力を低くした

B. 気体 A と気体 B の混合気体を 3 L の容器の中で一定温度で反応させると、右図の曲線で示されるように物質[mol]が変化して気体 C が生成され平衡状態に達した。



問 容器内では



(a, b, c は係数とし、最も簡単な整数比となるように選ばれているものとする)の反応が進んだとした場合、この反応の平衡定数  $K$  の値を整数で求め単位と共に答えよ。なお、小数点以下の値が出た場合には四捨五入せよ。

C. 0.150 mol の  $\text{N}_2\text{O}_4$  を 8.3 L の容器に入れて  $27^\circ\text{C}$  に保ったままにしておいたところ、 $\text{N}_2\text{O}_4 \rightleftharpoons 2\text{NO}_2$  で表される反応が進行し  $\text{NO}_2$  が 0.060 mol 生じたところで平衡状態となった。以下の問に答えよ。

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

問 1 この反応の解離度 ( $\text{N}_2\text{O}_4$  が解離して  $\text{NO}_2$  となった割合) を四捨五入のうえ有効数字 2 桁で求めよ。

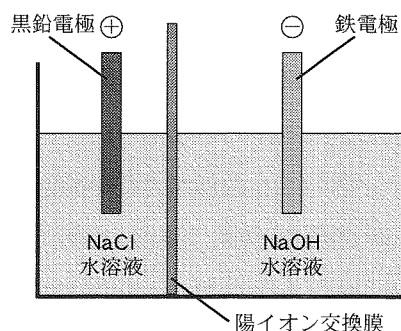
問 2 平衡状態に達したときの容器内の気体の全圧 (Pa) を四捨五入のうえ有効数字 2 桁で求めよ。

問 3 この反応の圧平衡定数 ( $K_p$ ) を四捨五入のうえ有効数字 2 桁で求め、単位と共に答えよ。

問 1 スチレンと1,3-ブタジエンを、スチレン 1 mol に対して1,3-ブタジエン  $x$  [mol] の割合で共重合させることにより生成されたスチレン-ブタジエンゴム 3.2 g に、触媒存在下にて水素を反応させたところ、標準状態で 0.896 L の水素が消費された。 $x$  の値を四捨五入のうえ有効数字 2 桁で求めよ。

なお標準状態における気体 1 mol の体積は 22.4 L とする。

問 2 陽イオン交換膜で仕切られた反応槽(右図)において、左室には 1.0 mol/L の NaCl 水溶液 1.0 L が入れられ、右室には 0.1 mol/L の NaOH 水溶液が 2.0 L 入っている。電気分解後、左室の NaCl 水溶液の濃度は 0.6 mol/L になった。電気分解前後で溶液の体積は変化しないとする。電気分解後、右室の溶液の  $\text{OH}^-$  濃度は何 mol/L か。小数点以下第 1 位まで答えよ。小数第 2 位以降の値が出た場合には四捨五入せよ。



問 3 化石などの年代測定には  $^{14}\text{C}$  の半減期を使うことがある。ある化石を調べたところ、化石中の炭素原子の総和に対する  $^{14}\text{C}$  の割合が  $6.25 \times 10^{-14}$  になっていた。 $^{14}\text{C}$  の半減期は 5730 年であり、また大気中の炭素原子の総和に対する  $^{14}\text{C}$  の割合を  $1.0 \times 10^{-12}$  とした場合、この生物が生存していたのは何年前と推定されるか。四捨五入のうえ有効数字 2 桁で答えよ。

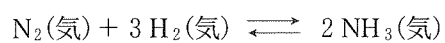
なお、必要であれば  $\log_{10} 2 = 0.30$  を用いよ。

問 4 同じ温度の 0.20 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液 100 mL と 0.50 mol/L の塩酸 50 mL を混合すると、水溶液の温度は混合前に比べて何 $^{\circ}\text{C}$ 上昇するか、小数点以下第 2 位まで求めよ。小数第 3 位以降の値が出た場合には四捨五入せよ。

なお、混合後の水溶液は、比熱が  $4.2 \text{ J}/(\text{g}\cdot^{\circ}\text{C})$ 、質量は 150 g とし、中和熱を  $56.5 \text{ kJ}/\text{mol}$  とする。



問 5 容積 5.0 L の密閉容器に窒素 2.0 mol と水素 3.0 mol と適当な触媒を入れ、ある一定の温度と圧力に保ったところ、下記の反応式で表される平衡状態になった。



平衡状態において密閉容器内のアンモニアの物質百分率が 25 % であるとき、この反応の平衡定数を整数で求め、解答欄には単位と共に記せ。小数点以下の値が出た場合には四捨五入せよ。

# 生 物 (その1)

1 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

獲得免疫には(ア)免疫と(イ)免疫がある。感染が起こると、(ウ)が微生物抗原を取り込み、活性化されて、所属リンパ節へ遊走し、ヘルパーT細胞に(エ)する。(ア)免疫では、活性化されたヘルパーT細胞は、同じ抗原の情報を認識したキラーT細胞を活性化し、これが感染細胞を攻撃する。また、ヘルパーT細胞は(オ)の殺菌活性を増強させ、抗原除去を促進させる。一方、(イ)免疫では、同じ抗原を認識したB細胞はヘルパーT細胞により活性化され、分裂・増殖し抗体を産生する細胞へと分化して、抗体を放出する。抗体は病原体などに特異的に結合し、これは(オ)に貪食される。ヘルパーT細胞、キラーT細胞、B細胞の一部は、免疫記憶細胞として体内に残る。これにより、再度同じ感染が起きた場合に抵抗性を示すことが可能となる。

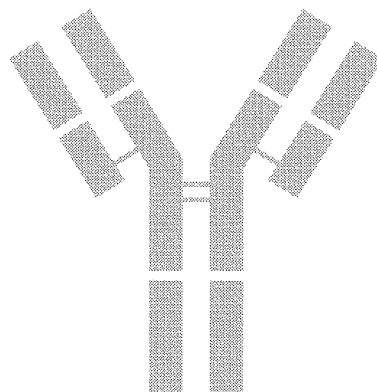
問1 (ア)~(オ)に適切な語句を入れなさい。

問2 成人においてT細胞とB細胞が成熟分化する組織をそれぞれ答えなさい。

問3 免疫機能が働くとき、通常は自己の細胞が攻撃されることはない。この生体機構を確立するために未熟T細胞はどのような仕組みで成熟T細胞となるか、説明しなさい。

問4 問3に関して、この仕組みが破綻した場合に発症する疾患を何というか。具体的な疾患名ではなく、疾患の総称を答えなさい。

問5 図は抗体の分子構造を示しているが、H鎖の可変領域をすべて○で囲みなさい。



問 6 下線部(a)に関して、このような免疫反応を何というか。

問 7 下線部(b)に関して、このような免疫反応を何というか。また、これを医療に応用したものがワクチン接種であるが、血清療法との違いについて説明しなさい。

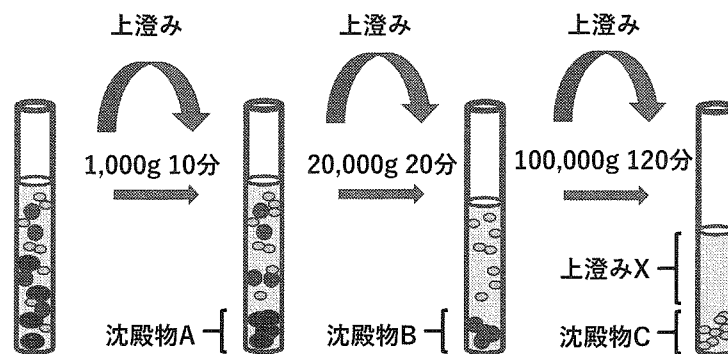
<実験>

結核菌の感染を受けたことのない同系統のマウス A, B, C を用意した。A に弱毒化した結核菌を注射し、この A の血液を採取し、血清とリンパ球に分離した。B には A からの血清を、C には A からのリンパ球を注射した。その後、A~C におけるツベルクリン反応を観察した。

問 8 この実験に関して、ツベルクリン反応が陽性となったマウスをすべて答えなさい。

2 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

ある動物の肝臓を、等張のスクロース溶液に入れ、4℃に保って、ホモジェナイザーで  
(a) 粉碎し、ろ過した。この細胞粉碎液を遠心管に入れ、図のように1,000g(重力の1,000倍の遠  
(b) 心力)で10分間遠心分離機にかけ、沈殿物Aができた。次にその上澄みを別の遠心管に移し、  
(c) 20,000gで20分間遠心し沈殿物Bができた。さらに、その上澄みを別の遠心管に移し、  
100,000gで120分間遠心し沈殿物Cと上澄みXができた。



細胞粉碎液

問 1 下線部(a)に関して、この細胞を構成する生体物質の質量パーセントで2番目と3番目に多く含まれるものを答えなさい。

問 2 下線部(b)に関して、蒸留水を使用した場合には、細胞内に水が入り細胞は破裂する。赤血球の場合、このような現象をなんと呼ぶか答えなさい。

問 3 下線部(c)に関して、なぜ低温で粉碎液を作るのか、理由を答えなさい。

問 4 沈殿物Aを光学顕微鏡で観察すると、直径 $10\mu\text{m}$ 前後の顆粒を認めた。沈殿物Aに含まれる細胞小器官に関する記述で正しいものをすべて答えなさい。

- a. rRNAの合成に関わる。
- b. 高濃度の分解酵素類を含む。
- c. 酢酸オルセインで染色される。
- d. グラナと呼ばれる構造物を持つ。
- e. ヤヌスグリーン溶液で染色される。
- f. 細胞分裂の際に、紡錘体形成の起点となる。
- g. タンパク質とRNAからなり、mRNAの情報をもとにタンパク質を合成する。

問 5 沈殿物 B はピルビン酸脱水素酵素活性が高かった。沈殿物 B に含まれる細胞小器官のはたらきを説明しなさい。

問 6 問 5 に関して、ピルビン酸脱水素酵素は、その細胞小器官のどの場所に存在するか答えなさい。

問 7 沈殿物 C の核酸含量を測定すると RNA が多く含まれていた。沈殿物 C に含まれる細胞小器官の電子顕微鏡像としてどれが正しいか答えなさい。

- a. 多数の孔をもつ二重の膜に囲まれた円形の構造体
- b. 二重の膜で囲まれ、内膜は折り畳まれたひだ状の構造体
- c. 表面に粒子が多数付着する、一重の膜からなる袋状の構造体
- d. 二重の膜で囲まれ、内部は積み重なった扁平な構造がある凸レンズ型をした構造体

問 8 上澄み X で行われる異化の代謝経路の名称を答えなさい。また、この代謝経路においてグルコース 1 g あたりに産生される ATP は何 mmol(ミリモル)となるか答えなさい。ただし、グルコースの分子量を 180 とし、小数点以下は四捨五入しなさい。モル(mol)：ある物質のグラム当量のこと。1 g 当量 = 1 mol =  $6.02 \times 10^{23}$  個(アボガドロ数)の原子または分子。

## 生 物 (その2)

3 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

生物が日長に対して反応する性質は(ア)性と呼ばれ、植物の花芽形成などで多く見られる。植物は連続した暗期を葉で感知し、花芽形成が起こる。花芽形成が起こるか起こらないかの分かれ目となる暗期の長さを(イ)暗期といい、連続した暗期の長さが(イ)暗期以下になると花芽形成が起こる植物を(ウ)植物と呼ぶ。連続した暗期の長さが(イ)暗期以上になると花芽形成が起こる植物を(エ)植物といい、日長に関係なく花芽形成が起こる植物を(オ)植物という。

多くの植物は昼夜サイクルに伴う環境変動に適応するため、環境情報に応じて昼夜サイクルで光合成などの遺伝子発現を調節しているが、この中には環境変動が存在しない条件においても24時間周期の発現サイクルが保持されるものも存在する。このようなリズムは(カ)と呼ばれる。また、(カ)をつくり出す何らかの時間計測機構のことを(キ)という。

問 1 (ア)～(キ)に適切な語句を入れなさい。

問 2 (オ)植物としての性質を示す植物を次の中から全て選び番号で答えなさい。

- ① カーネーション ② アブラナ ③ オナモミ ④ トウモロコシ  
⑤ エンドウ ⑥ トマト ⑦ イネ ⑧ ダイズ  
⑨ コムギ ⑩ アサガオ

問 3 6種の植物A～Fに対して、以下に示すように明期、暗期の長さを変化させて花芽形成の有無を調べた(図1、操作I～VI)。操作IとIIにおいては、暗期の途中にごく短時間の光照射を行なった。得られた結果を表1に示した。

操作I：明期8時間、暗期16時間(途中7時間に短時間の光照射)

操作II：明期8時間、暗期16時間(途中8時間に短時間の光照射)

操作III：明期8時間、暗期16時間

操作IV：明期10時間、暗期14時間

操作V：明期12時間、暗期12時間

操作VI：明期14時間、暗期10時間

図1 各操作の明期と暗期の長さ

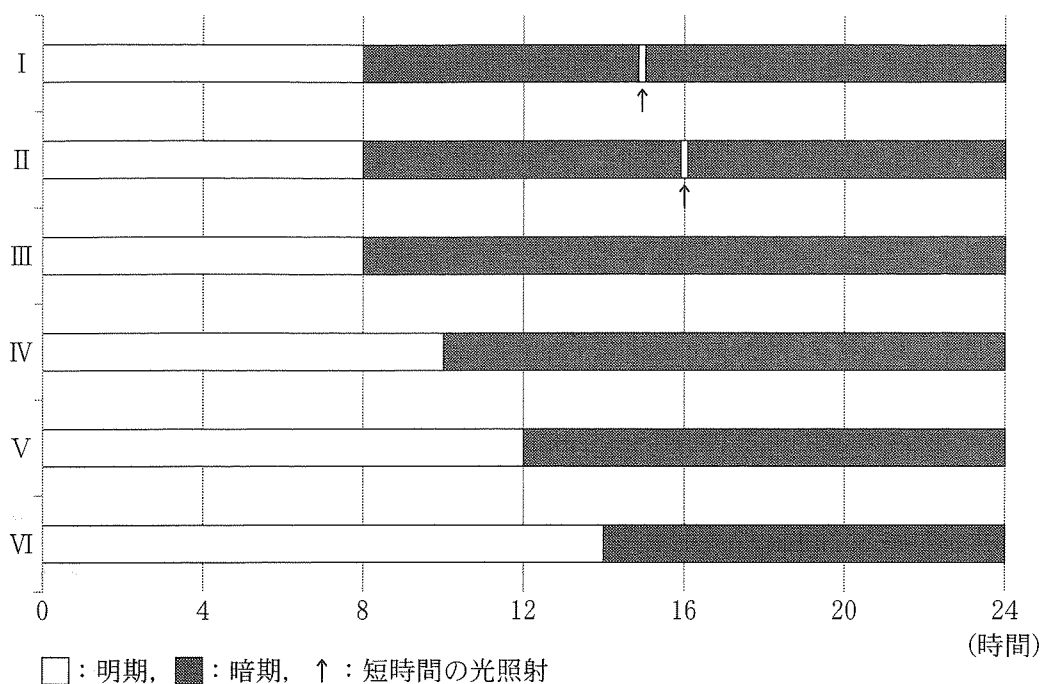


表1 花芽形成の有無(○:有, ×:無)

|     | 植物 A | 植物 B | 植物 C | 植物 D | 植物 E | 植物 F |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| I   | ○    | ○    | ×    | ○    | ○    | ×    |
| II  | ○    | ×    | ○    | ○    | ○    | ×    |
| III | ×    | ○    | ×    | ×    | ×    | ○    |
| IV  | ×    | ○    | ×    | ×    | ×    | ○    |
| V   | ×    | ○    | ×    | ×    | ○    | ○    |
| VI  | ○    | ○    | ×    | ×    | ○    | ×    |

- (1) 6種の植物A~Fのうち、(ウ)植物はどれか。全て答えなさい。
- (2) 植物A~Fの(エ)植物の中で(イ)暗期が最も短いものはどれか答えなさい。
- (3) 操作Iにおける光照射について、光中断とは呼べないものはどの植物に対するものか全て答えなさい。なお全ての植物に対して光中断となる場合には「なし」と答えること。
- (4) 同様に操作IIにおける光照射について、光中断とは呼べないものはどの植物に対するものか全て答えなさい。なお全ての植物に対して光中断となる場合には「なし」と答えること。

問4 多くの植物における花芽形成はフロリゲンによって調節されている。イネで同定されたフロリゲンを答えなさい。

問 5 問 4 と同様に冬型一年草であるシロイヌナズナにおいてもフロリゲンとして *FT* 遺伝子が同定された。この遺伝子が突然変異すると花芽分化誘導の時間的な遅延が起こる。*FT* 遺伝子 mRNA は (ウ) 条件依存的に葉の維管束師部で特異的に発現することが明らかになっており、さらに *FT* タンパク質と茎頂部特異的に発現する転写因子 *FD* が複合体を形成し、この複合体が花芽形成を促進することも明らかとなっている。

(1) *FT* タンパク質の動態を 30 字以内で答えなさい。

(2) *FT* タンパク質の機能はどのようなものと考えられるか答えなさい。

(3) 秋に発芽したシロイヌナズナは適切な温度と (ウ) 条件が揃っても花芽形成をせず、次の春以降に花芽形成をおこなう。発芽後のシロイヌナズナの花芽形成誘導には、

(ウ) 条件以外にどのような条件が必要と考えられるか 20 字以内で答えなさい。

(4) シロイヌナズナの花芽形成において、温度に対する応答は *FLC* 遺伝子に集約されており、この遺伝子は低温にさらされると発現が抑制される。また、*FLC* 遺伝子の発現レベルが低いほど花芽形成が促進する。*FT* 遺伝子が花芽形成シグナルの最下流に位置する場合、*FLC* 遺伝子は *FT* 遺伝子発現にどのような影響を及ぼしていると考えられるか答えなさい。

(5) シロイヌナズナにおける *FLC* 遺伝子の発現レベルは秋から春にかけてどのように変動すると考えられるか答えなさい。



4 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

聴覚とは音波の刺激によって生じる感覚である。ヒトの耳は外耳、中耳、内耳の3つの部分からなり、内耳には音の刺激を受容する有毛細胞がある。音波は外耳の(ア)によって集められ、外耳道を通って(イ)に達し、これを振動させる。この振動は(ウ)によって増幅されたのち、内耳にあるうずまき管の(エ)に伝えられる。(エ)の振動はうずまき管内の基底膜を振動させ、基底膜上にあるコルチ器の(オ)の感覚毛が動かされ、(オ)が興奮する。この興奮は(カ)により(キ)へ送られ、聴覚を生じる。

音の振動数により基底膜の振幅は異なる。図1Aにさまざまな音の振動数におけるうずまき管の入り口からの距離と基底膜の振幅の関係を示す。また音の振動数が同じでも基底膜の振幅は部位によって異なる。これは図1Bに示すようにうずまき管の入口では基底膜の幅が狭く、奥にいくほど幅が広がるからである。

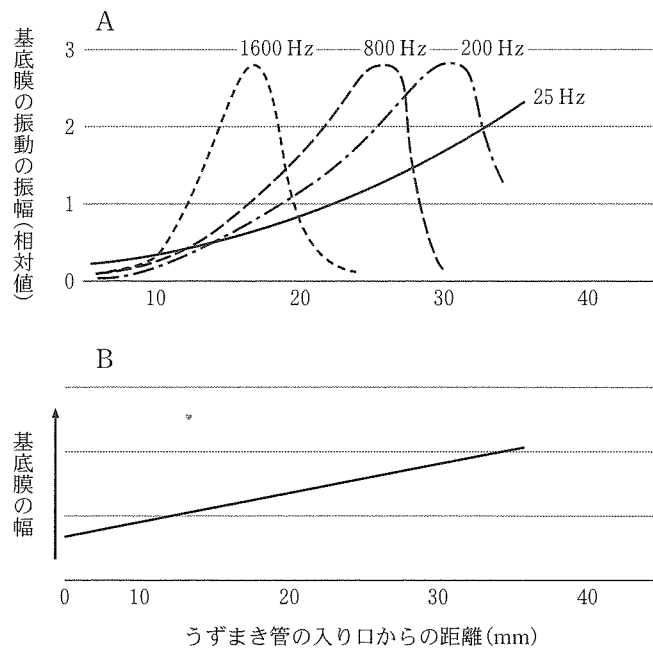


図1

問1 (ア)~(キ)に適切な語句を入れなさい。

問2 振動数の小さい音では基底膜のどの部位が最も良く振動するか答えなさい。

問3 耳の受容細胞は典型的な繊毛をもつ細胞で有毛細胞と呼ばれている。耳だけでなく視細胞など、受容細胞には繊毛を持つものが多い。細胞の表面を突き出して凹凸させるとどのような利点があると考えられるか。簡単に説明しなさい。

問 4 図 1 AB をもとに、ヒトが音の高低を聞き分ける仕組みを 100 字以内で説明しなさい。なおヘルツ (Hz) とは音波など振動するものの周波数の単位で、1 秒間の振動数を示す。

問 5 耳というのは音という ( X ) 的エネルギーを ( Y ) 的エネルギーに変換する装置ということができる。

(1) 設問中の ( X )、( Y ) に適切な語句を入れなさい。

(2) この ( Y ) 的エネルギーに変換されるのはどの過程においてか答えなさい。

問 6 一般に聴力が低下した状態を難聴というが、医学的には障害される部位によって伝音難聴と感音難聴の 2 つに大きく分類される。伝音難聴では音が効率よく内耳に伝わらないようになり、感音難聴では音を分析する能力が障害されている。

(1) 聴細胞に障害が起こった場合、伝音難聴と感音難聴のどちらの難聴が生じると考えられるか答えなさい。

(2) 以下の症状は伝音難聴、感音難聴のいずれかのものである。感音難聴の症状を全て選び、番号で答えなさい。

① 音が歪んで聴こえる。

② 音を大きくしても、ことばの聴き取りが悪い。

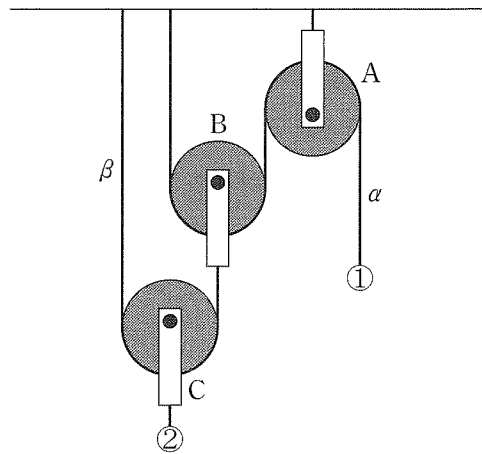
③ 音を大きくすると、ことばは比較的良く聴き取れる。

④ 耳栓をした状態の聴こえ方に例えられる。

⑤ チューニングが少しずれているラジオの音声を低音量で聴くような聴こえ方に例えられる。

## 物 理 (その1)

- 1 1個の定滑車 A と 2個の動滑車 B, C を下図のように 2本の糸  $\alpha$ ,  $\beta$  と組み合わせて天井からつり下げた。糸  $\alpha$  の一端には質量  $m_1$  の物体①が、動滑車 C には質量  $m_2$  の物体②がぶら下がっている。最初は物体①を手で支え、2個の物体は静止した状態にある。糸は伸びることなく、滑車と糸の重さは無視できるものとする。滑車と糸の間の摩擦はないものとし、また重力加速度の大きさを  $g$  とし、以下の問いに答えなさい。



- (1) まず、物体①の支えを取り除いたが、2個の物体は静止をしたままであった。このときの  $m_2$  の値を  $m_0$  とする。 $m_0$  を  $m_1$  を使って表しなさい。

以下では  $m_2 > m_0$  の場合のみを考え、物体①を支えていた最初の状態に戻る。

- (2) 物体①を支えていた力を取り除いたとき、物体①に生じる加速度の大きさ  $a_1$  と物体②に生じる加速度の大きさ  $a_2$  との関係を式で表しなさい。
- (3)  $a_2$  を  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $g$  を用いて表しなさい。
- (4) 糸  $\alpha$  の張力を  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $g$  を用いて表しなさい。
- (5) 天井から定滑車 A をつり下げている糸の張力を  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $g$  を用いて表しなさい。
- (6) 両物体の鉛直方向の重心が下向きに持つ加速度の大きさを求めなさい。

2

A 下図1のように、水平な地面上の点Oから角度 $\theta$ の方向に、初速 $v_0$ でボールを投げたところ、点Aに達した。重力加速度の大きさを $g$ とし、空気の影響は無視するものとする。以下の問いに答えなさい。

- (1) 最高点の高さ $h$ を求めなさい。
- (2) 点Aに達するまでの時間 $t_1$ を求めなさい。
- (3) 次に、図2のように点Aの手前に鉛直で滑らかな壁を立てた。同じ条件でボールを投げたとき、ボールが床に落下するまでの時間 $t_2$ を求めなさい。

図1

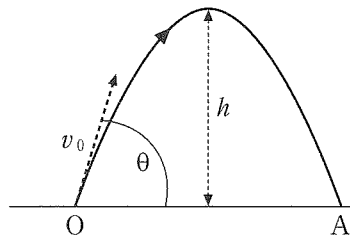
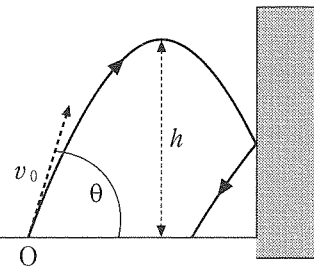


図2



- B** 二人で、図3のようなバットの両端付近を持ち、互いに逆向きに回す場合、太い方Bと細い方C、どちらの部分を持った方が有利か。理由も含め100字以内で答えよ。なお、数式などを用いてもよい。

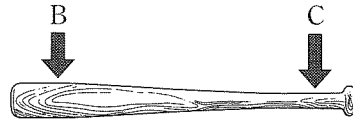


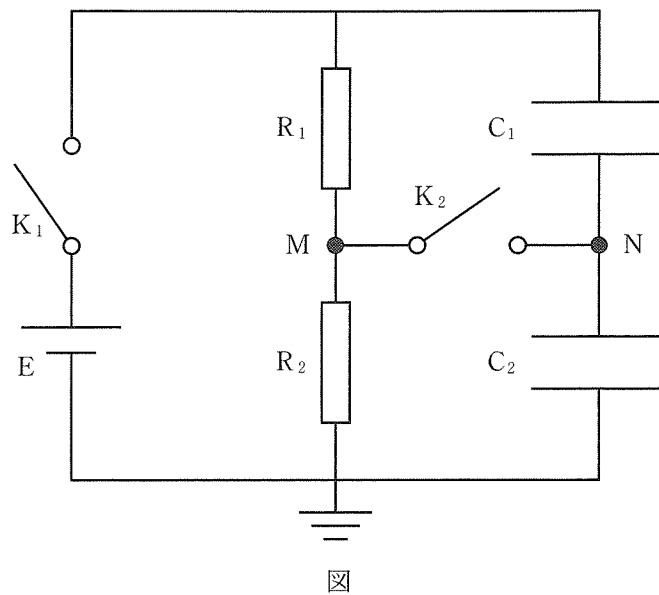
図3

- C** 宇宙ステーションのような無重量の状態で、ボールの質量を測るにはどのようにすればよいか。理由も含め100字以内で答えよ。

## 物 理 (その2)

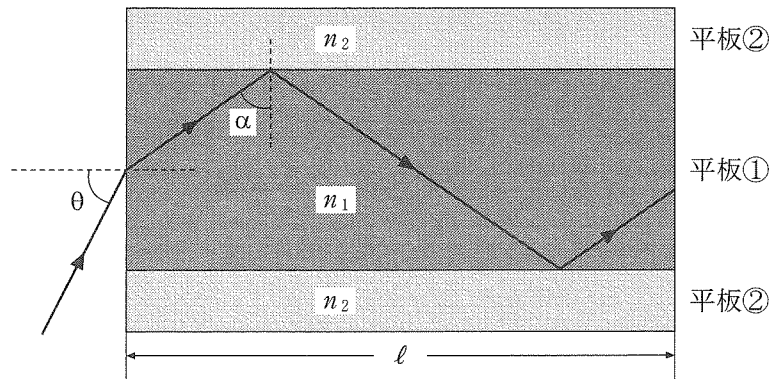
3 図のように、抵抗値  $R_1 = 10[\Omega]$ ,  $R_2 = 20[\Omega]$  の抵抗  $R_1$ ,  $R_2$ , 電気容量  $C_1 = 20[\mu\text{F}]$ ,  $C_2 = 30[\mu\text{F}]$  のコンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$ , 起電力  $E = 90[\text{V}]$  の直流電源  $E$ , スイッチ  $K_1$  と  $K_2$  が接続された回路がある。

はじめスイッチ  $K_1$  と  $K_2$  はともに開いており、コンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$  には電荷は蓄えられていないものとする。電池の内部抵抗は無視できるものとする。



- (1)  $K_1$  だけ閉じた瞬間に M 点を流れる電流を求めなさい。
- (2) 上の(1)の状態から時間が十分経過したときに、M 点を流れる電流を求めなさい。  
また、コンデンサー  $C_1$  に蓄えられた電気量を求めなさい。
- (3) 次に、 $K_1$  を閉じたまま、 $K_2$  を閉じて時間が十分経過した。コンデンサー  $C_1$ ,  $C_2$  に電荷が蓄えられるまでに  $K_2$  を通って移動した電荷の大きさ  $[\mu\text{C}]$  を求めなさい。  
また、電流は M から N へ流れたか、または N から M へ流れたかを答えなさい。
- (4)  $K_2$  を開き、つづいて  $K_1$  を開いてから十分長い時間が経過した。このときの点 N の電位を求めなさい。アースの点の電位を  $0\text{V}$  とする。  
また、 $C_1$  および  $C_2$  に蓄えられている電荷をそれぞれ求めなさい。  
また、 $K_1$  を開いた後、全抵抗で生じたジュール熱を求めなさい。

- 4 図のように、屈折率  $n_1$  のガラスでできた平板①の上面と下面に屈折率  $n_2$  のガラスでできた平板②を密着させて空気中においた。ガラス平板①の端面の中心から単色光の光線を中心軸に対して入射角  $\theta$  で入射させた。このとき以下の問いに答えなさい。ただし、空気中の光の速さを  $c$ 、空気の屈折率を 1 とし、この現象はこの図の平面内で起こっていると考えろ。



図

- (1) ガラス平板①とガラス平板②との間で全反射が起こるための  $n_1$  と  $n_2$  の大小関係を式で示しなさい。
- (2) ガラス平板①とガラス平板②の境界面での全反射の臨界角を  $\alpha_0$  として、 $\sin \alpha_0$  を求めなさい。
- (3) ガラス平板①の端面から入った光の入射角を  $\theta$  とし、ガラス平板①とガラス平板②の境界面への入射角を  $\alpha$  とする。 $\cos \alpha$  を  $\theta$  と  $n_1$  を用いて表しなさい。
- (4) 図のように、ガラス平板①とガラス平板②の境界面で全反射を起こすための  $\sin \theta$  に対する条件を  $n_1$ 、 $n_2$  を用いて表しなさい。
- (5) 入射角  $\theta$  がいかなる値をとってもガラス平板①に進んだ光がガラス平板①の上面、あるいは下面から外にでないための条件を  $n_1$ 、 $n_2$  を用いて表しなさい。
- (6) (5)の条件が満たされる場合、ガラス平板①に入射した光は、図のように、ガラス平板①の上面と下面で反射を繰り返しながら、長さ  $l$  のガラス平板①の内部を進み、反対側の端面に達する。このようにして、光が入射した端面から反対側の端面に到達するのに要する時間を  $l$ 、 $c$ 、 $n_1$ 、 $\theta$  を用いて表しなさい。