

令和7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7年2月7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)、解答用紙の種類は次のとおりです。

(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, Ca：40.0,

Cu：63.5, Zn：65.4

1

タンパク質は、おもにポリペプチドからなり、特定の立体構造をもつ高分子化合物である。ポリペプチドにおけるアミノ酸の配列順序を、タンパク質の一次構造という。ポリペプチド鎖は、ペプチド結合間の(1)結合により、規則的な立体構造をとる。これを二次構造という。
(2)構造は、(1)結合によって固定されるらせん構造を指す。一方、(3)構造は、
(a) (1)結合によって固定されるひだ状の平面構造を指す。二次構造の(2)構造や(3)構造はさらに複雑に折れ曲がり、側鎖間のイオン結合や(4)などによって特定の立体構造に固定される。これを三次構造という。三次構造をもつ複数の(5)が組み合わさった構造を四次構造という。二次構造、三次構造、四次構造をまとめて、タンパク質の高次構造という。生体内ではたらくタンパク質には、三次構造までをもつものと四次構造までをもつものがある。

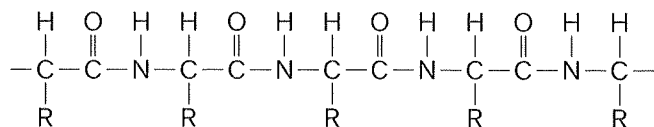
水溶性のタンパク質が水に分散すると、(6)コロイドになる。これに多量の電解質を加えると、水和している水分子が奪われて、(7)により沈殿する。また、タンパク質に希酸を加えて加熱したりタンパク質分解酵素を作用させたりすると、(8)されて構成成分の α -アミノ酸などが生じる。タンパク質に熱・酸・塩基・重金属イオン・アルコールなどを加えると、タンパク質の立体的な構造が変化して凝固や沈殿が起こる。これをタンパク質の(9)という。

問 1 (1) ~ (9)に入る適切な語句を答えよ。

問 2 下線部(a)について、次の問いに答えよ。

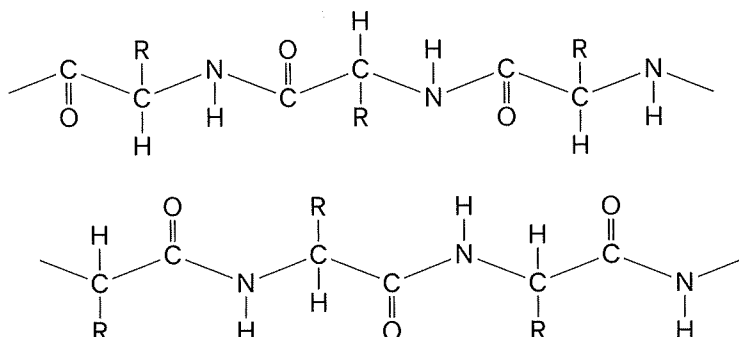
- 1) 下図のポリペプチドが(2)構造を形成した場合、(1)結合の起点・終点となる原子を1箇所丸で囲い、それぞれ点線で繋げ。

図



- 2) 下図は、逆平行に並んだポリペプチド鎖で、(3) 構造を形成している。(1) 結合の起点・終点となる原子を3箇所丸で囲い、それぞれ点線で繋げ。

図



- 問 3 次の3つの反応はタンパク質の確認試験に関する記述である。反応の名称および試薬の名称を答えよ。また、に入る適切な官能基の名称を答えよ。

[反応1] タンパク質の溶液に薄い水酸化ナトリウム NaOH 水溶液を加えて混ぜた後、試薬 A を少量加えると、赤紫色に呈色する。

[反応2] タンパク質の溶液に試薬 B を加えて加熱すると黄色になり、さらに、冷却後試薬 C を加えて塩基性になると橙黄色になる。

[反応3] タンパク質の溶液に試薬 D を加えて温めると、赤紫～青紫色に呈色する。これは が試薬 D と反応することによって起こる。

- 問 4 ある食品 5 g を濃硫酸とともに加熱し、含有する窒素をすべて硫酸アンモニウムに変換した。これに水酸化ナトリウム水溶液を加えて加熱し、発生した気体を 1.0 mol/L の希硫酸 30 mL 中に完全に吸収させた。残った硫酸を 2.0 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で中和滴定したところ、20 mL を要した。発生した気体の名称を答えよ。また、タンパク質中には窒素が質量パーセントで 16 % 含まれているとして、この食品中に含まれるタンパク質の質量パーセントを求めよ。解答は四捨五入のうえ有効数字を 3 桁とせよ。

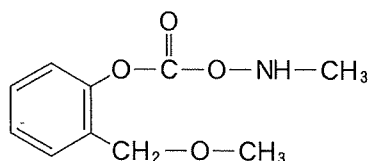
問 1 次の設問に答えなさい。

分子式が $C_8H_8O_2$ で表されるベンゼン環を持ったエステル化合物には ア 種類の
^(a)構造異性体が想定される。これらの構造異性体の中で銀鏡反応陽性の化合物は イ 種
^(b)類存在し、ヨードホルム反応陽性の化合物は ウ 種類存在する。
^(c)

1) ア ~ ウ に入る適切な数値を答えなさい。存在しない場合は「0」と答えよ。

2) (a)の構造異性体を1種類だけ精製し、これに鉄粉を触媒として塩素を作用させると分子式 $C_8H_7O_2Cl$ であらわされる塩化物が生じた。例を参考にして、この際生じる塩化物の構造異性体の種類が最も少なくなる(a)の構造式を答えよ。なお、本設問に関して、塩素化の際の配向性は無視できるものとする。

例



3) (b)について、例を参考にして反応に最低限必要な異性体側の化学構造と、これが反応して変化した後の化学構造を答えよ。また、この反応は構造異性体にある水溶液を加えると起こる。この水溶液の名称を答えよ。

(例) $R-CH_2-NH-CO-CH_3$

4) (c)について、例を参考にして反応に最低限必要な異性体側の化学構造と、これが反応して変化した後の化学構造を答えよ。また、この反応に要する無機物質の名称をすべて答えよ。

例 $R-NH-CO-CH_3$

問 2 次の設問に答えよ。

化合物 X はベンゼン環を有する分子式 $C_9H_{10}O_2$ のエステル化合物であり、次の①～③の特徴を併せ持つ。

- ① 不斉炭素原子を有する。
- ② 加水分解で酸性化合物を生じる。
- ③ 加水分解により生じる芳香族化合物を塩化鉄(Ⅲ)水溶液と反応させても呈色反応は起らない。

1) (d)の名称を答えなさい。また、この反応で生じる芳香族化合物のベンゼン環に直接結合するメチル基の数を答えよ。ただし、解答が芳香族化合物の名称であった場合は、置換基のオルト-, メタ-, パラ-配置は特定しなくて良い。

2) 仮に(e)の呈色反応が起こった場合、どのような官能基が存在すると想定されるか答えよ。

化 学 (その2)

3 次の文章を読み、設問A～Cに答えよ。

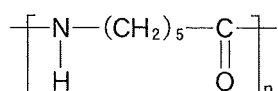
設問A

スチレンに少量の *p*-ジビニルベンゼンを加えると共重合がおこり、架橋構造を有する不溶性の網目状樹脂が得られる。この共重合体に濃硫酸を用い、構造内のベンゼン環の水素原子を酸性官能基であるスルホ基($-\text{SO}_3\text{H}$)で置換した。このときのスルホン化は、ここでは共重合体中のすべてのスチレン単位の水素原子に対して、パラ位でのみ起こるものとする。この樹脂をガラス管に詰め、塩化ナトリウム水溶液を管に通すと、水溶液中の陽イオンである(a)は樹脂に結合した。一方、樹脂からは水溶液中の陽イオンと交換された(b)が出され、樹脂を詰めた管からの流出液として(c)の水溶液が得られた。このような働きをもつ合成樹脂を陽イオン交換樹脂という。

問 1 (a)～(c)に入る最も適切なイオン式あるいは化学式を答えよ。

問 2 この陽イオン交換樹脂の構造式を例に従い答えよ。ただし共重合体のスチレンの重合度を m 、*p*-ジビニルベンゼンの重合度を n とし、共重合体のスルホン化はスチレン単位のすべてのベンゼン環に対してパラ位でのみ起こるものとする。

(例) ナイロン6



設問B

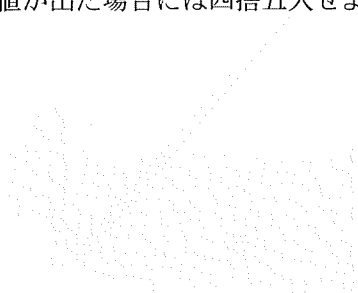
問 設問Aの方法に従い、陽イオン交換樹脂の生成を行った。スチレン 156 g に対し、物質質量比 5 : 1 (スチレン : *p*-ジビニルベンゼン) となるように *p*-ジビニルベンゼンを用い、混合して反応させたところ、単量体の全量が反応し、共重合体(ポリスチレン樹脂)を得た。次に得られた共重合体に濃硫酸を用いてスルホン化処理を行い 273 g のポリスチレンスルホン酸樹脂を得た。このときのスルホン化は、ここでは共重合体中の一部のスチレン単位のベンゼン環に対して、パラ位でのみ起こるものとする。共重合体中のスチレン単位のベンゼン環の何%がスルホン化されたか整数値で答えよ。小数点以下の値が出た場合、四捨五入せよ。

設問 C

上記にて得られた陽イオン交換樹脂(ポリスチレンスルホン酸樹脂)をガラス管に詰めて作成したカラムに、濃度不明の塩化カルシウム水溶液 30 mL を通じ流出液を回収した。続けて純水にてカラム内の樹脂を十分に洗いその洗浄液も集めた。流出液と洗浄液を合わせた回収液を、0.025 mol/L の水酸化ナトリウム水溶液で滴定したところ 80 mL を要した。

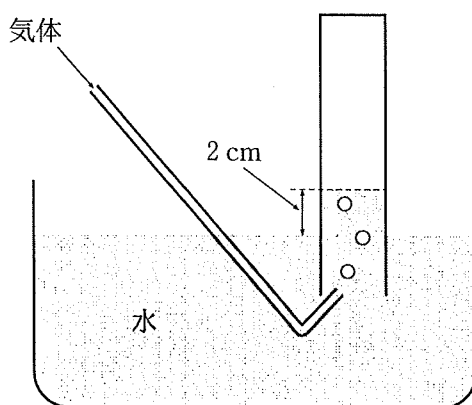
問 1 設問の実験で用いたポリスチレンスルホン酸樹脂の化学式を $R-(SO_3H)_n$ としたとき (R は樹脂の炭化水素部分)、樹脂の中で起こっている反応をイオン反応式で答えよ。

問 2 カラム内の樹脂により水溶液中のカルシウムはすべて交換されたとした場合、もとの塩化カルシウム水溶液 30 mL に含まれるカルシウムイオンは何 g か。小数点以下第 2 位まで答えよ。小数第 3 位以降の値が出た場合には四捨五入せよ。



問 1 水上置換で気体を集める実験を行ったところ、水上置換によって捕集された気体の体積が 300 mL となったときの管内と管外の液面差は、図のように管内の方が管外より 2.00 cm 高くなった。実験は 27 °C で行い、捕集した気体は水に溶けないものとする。捕集した気体の物質量[mol]を四捨五入のうえ有効数字 3 桁で答えよ。なお、大気圧は 1.00×10^5 Pa (760 mmHg)、水の密度は 1.00 g/cm^3 、水銀の密度は 13.5 g/cm^3 であり、27 °C における飽和水蒸気圧は 3.50×10^3 Pa とする。

また、気体定数 $R = 8.30 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{K} \cdot \text{mol})$ とする。



問 2 ダニエル電池を放電したところ、正極の質量が 7.62 g 増加した。放電前の電解液(硫酸銅(Ⅱ)水溶液)は 0.30 mol/L、1.5 L であり、放電後に電解液の体積は変わっていないものとしたとき、電解液(硫酸銅(Ⅱ)水溶液)のモル濃度を小数点以下第 2 位まで求めよ。小数点第 3 位以降の値が出た場合には四捨五入せよ。

問 3 2.00 mol の SO_2 と 1.00 mol の O_2 を一定容積の容器内で温度を一定にして反応させたところ $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 \rightleftharpoons 2\text{SO}_3$ で表される反応が進行し、 SO_3 が 1.80 mol になったところで平衡状態になった。この反応のこの温度における圧平衡定数 K_p を四捨五入のうえ有効数字 3 桁で単位とあわせて答えよ。なお反応開始時の混合気体の全圧を 1.00×10^5 Pa とする。

問 4 炭酸ナトリウム(Na_2CO_3)と炭酸水素ナトリウム(NaHCO_3)の混合物 60.1 g に十分量の希塩酸を作用させると、14.56 L の二酸化炭素が発生した。これらの反応は 0 °C、 1.013×10^5 Pa にて行われたとする。混合物中の Na_2CO_3 と NaHCO_3 はそれぞれ何 g ずつであったか。小数点以下第 1 位まで求めよ。小数点第 2 位以下の数値が出た場合には四捨五入せよ。なお、0 °C、 1.013×10^5 Pa における気体のモル体積は 22.4 L/mol とする。

問 5 体心立方格子の結晶構造をもつある金属は、格子の一辺の長さが $4.0 \times 10^{-8} \text{ cm}$ で密度が 1.2 g/cm^3 であった。この金属原子の原子量を四捨五入のうえ有効数字 2 桁で求めよ。必要であれば以下の数値を使用せよ。

アボガドロ定数： $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ ，円周率 π ：3.14， $\sqrt{2}$ ：1.41， $\sqrt{3}$ ：1.73

生 物 (その1)

1 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

I エンドウの種子を丸くする遺伝子 A・種子をしわにする遺伝子 a と、エンドウの種子を黄色にする遺伝子 B・種子を緑色にする遺伝子 b はそれぞれ独立の関係にある。[丸・黄]と[しわ・緑]を親として交配させると、得られる F_1 の種子はすべて[丸・黄]であった。

問 1 さらに F_1 を自家受精させてつくった F_2 の種子の表現型の分離比を答えなさい。

問 2 F_2 をさらに自家受精して得られた F_3 の種子の[丸]と[しわ]の分離比を答えなさい。

II スイートピーには、花の色を紫色にする遺伝子 A・赤色にする遺伝子 a、花粉の形を長くする遺伝子 B・丸くする遺伝子 b があり、A と B、a と b はそれぞれ連鎖している。[紫・長]と[赤・丸]を親として交配すると、得られた F_1 の種子はすべて[紫・長]であった。

問 3 遺伝子の組換えはないと仮定すると、さらに F_1 を自家受精させてつくった F_2 の種子の表現型の分離比を答えなさい。

問 4 仮に組換えがあり、 $AB : Ab : aB : ab = 7 : 1 : 1 : 7$ で F_1 の配偶子が生じたとすると、さらに F_1 を自家受精させてつくった F_2 の種子の表現型の分離比を答えなさい。

問 5 仮に遺伝子間の組換え価が 10 % と仮定し、[紫・長]の表現型を持つ F_1 を検定交雑したときに生じる F_2 の種子の表現型の分離比を答えなさい。

Ⅲ ある 2 倍体生物の同じ染色体上にある 3 つの遺伝子には、それぞれ A と a、B と b、D と d の対立遺伝子がある。A、B、D はそれぞれ a、b、d に対して顕性(優性)である。表現型 [ABD] の純系の個体と [abd] の個体を交配し、得られた F₁ の個体をさらに表現型 [abd] の個体と交配したところ、得られた F₂ 個体の表現型と個体数は、表の通りとなった。

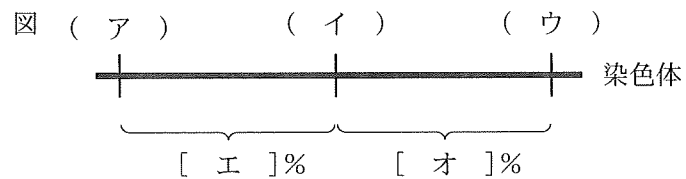
表

表現型	[ABD]	[ABd]	[AbD]	[aBD]	[Abd]	[abD]	[aBd]	[abd]
個体数	1422	62	69	0	1	66	90	1290

問 6 3 つの遺伝子間のそれぞれの組換え価(%)を計算しなさい。必要であれば、小数第二位を四捨五入し、小数第一位までの値を記しなさい。

問 7 これらの 3 つの遺伝子座は同じ染色体上でどのように配置されていると推定できるか。

図の()内に各遺伝子の配列を、[]内に相対的距離を書きなさい。ただし、[エ]は[オ]よりも大きい数値とする。



2

次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

骨格筋を構成する細胞単位を筋繊維という。筋繊維には、(ア)と呼ばれる収縮性をもつ構造体があり、(ア)の最小構成単位を(イ)という。横紋筋が収縮するとき、アクチンフィラメントとミオシンフィラメントの間に互いに滑り運動^(a)が起こることで、筋収縮が起きる。ミオシンフィラメントの上には突起(ミオシンの頭部)が並んでいて、ATPを繰り返し分解しながら、アクチンフィラメントと相互作用をすることで、フィラメントの間の滑り運動が引き起こされる。ミオシンは、このような運動を起こすことから、(ウ)タンパク質と呼ばれている。

脊髄から運動ニューロンを伝導してきた興奮が軸索末端に到着すると、シナプス小胞から(エ)という神経伝達物質がシナプス間隙に分泌される。筋繊維のリガンド依存性(伝達物質依存性)イオンチャネルに(エ)が結合すると(オ)が流入し、筋繊維に活動電位を発生させる。

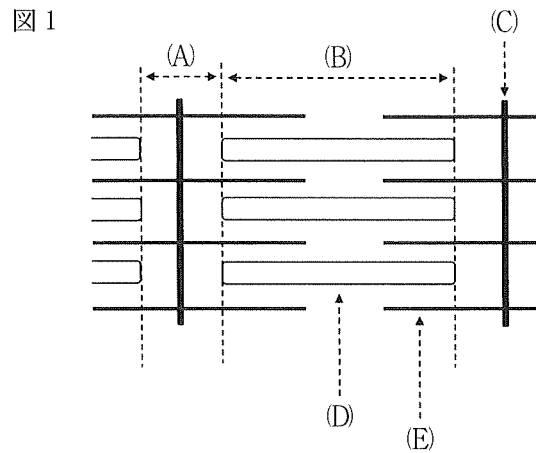
筋繊維には(カ)という袋状の構造があり、(ア)を取り囲むように分布している。筋繊維の膜に興奮が生じると、(カ)の内部に蓄えられていた(キ)が放出され、(ア)の周囲の(キ)の濃度が上がり、筋肉が収縮する。

問 1 (ア)～(キ)に適語を入れなさい。

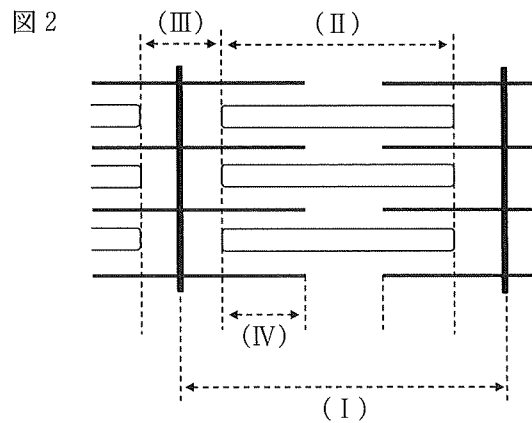
問 2 下線部(a)に関して、筋肉が収縮した時に長さが変わるのはどれか。全て答えよ。

- | | | |
|--------------|--------------|-------|
| ① 明 帯 | ② 暗 帯 | ③ Z 膜 |
| ④ アクチンフィラメント | ⑤ ミオシンフィラメント | |

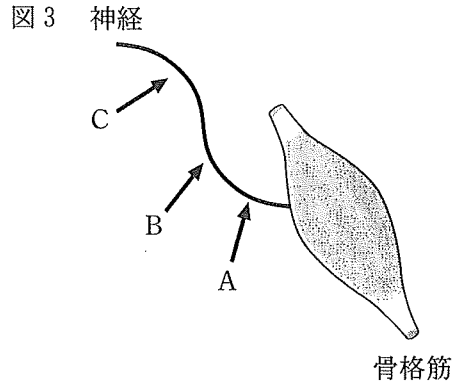
問 3 図 1 は(イ)の構造が描かれている。(A)～(E)に当てはまる名称を問 2 の選択肢から選びなさい。



問 4 カエルの筋肉を取り出し、引き伸ばして固定し、電気刺激を加えると張力が発生した。さらに引き伸ばし、図 2 における(I)の長さが $4.2\ \mu\text{m}$ 以上になると張力が発生しなくなった。なお、筋弛緩時における(I)、(II)、(III)の長さはそれぞれ $3.0\ \mu\text{m}$, $2.0\ \mu\text{m}$, $1.0\ \mu\text{m}$ であった。筋弛緩時における(IV)の長さを計算しなさい。



問 5 図 3 はカエルの筋肉と神経である。A, B, C は筋接合部からそれぞれ 1.8 cm, 3.0 cm, 4.8 cm の距離にある。A 点, B 点に電気刺激を加えると, それぞれ 3.6 ミリ秒後, 4.6 ミリ秒後に筋収縮を認めた。この神経の伝導速度 (m/秒) を計算しなさい。



問 6 問 5 において, C 点に電気刺激を加えると, 何ミリ秒後に筋収縮を認めるか計算しなさい。

問 7 下線部(b)について, 骨格筋内に蓄えられている ATP 量はわずかであるが, 筋肉には呼吸や解糖の他にすみやかに ATP を供給することができるある物質が蓄えられている。この物質名と ATP を合成する反応に関して説明しなさい。

生 物 (その2)

3 次の文章を読んで以下の質問に答えなさい。

肺炎を起こす病原体の一つに肺炎球菌があり、この肺炎球菌にはS型菌とR型菌がある。グリフィスは以下の①～⑤の現象を見出した。

- ① 肺炎球菌のR型菌をマウスに注射しても、マウスは発病しない。
- ② 肺炎球菌のS型菌をマウスに注射すると、マウスは発病して死亡する。
- ③ S型菌の死菌をマウスに接種しても発病しない。
- ④ S型菌の死菌をR型菌の生菌と混合して接種すると、マウスの体内に生きたS型菌が現れ、マウスは発病して死亡する。
- ⑤ ④で現れたS型菌はその後増殖を繰り返してもS型菌の性質を維持し続ける。

これらのことから、(ア)型菌の何かが(イ)型菌に取りこまれて、(ウ)型菌が(エ)を起こしたと考えられた。エイブリーらはこれらの結果を踏まえて実験を行い、以下の⑥～⑧の現象を見出した。

- ⑥ S型菌をすりつぶして得た抽出液を、R型菌に混ぜて培養すると、S型菌の生菌が現れる。
- ⑦ S型菌をすりつぶして得た抽出液をタンパク質分解酵素で処理し、R型菌に混ぜて培養すると、S型菌の生菌が現れる。
- ⑧ S型菌をすりつぶして得た抽出液をDNA分解酵素で処理し、R型菌に混ぜて培養すると、R型菌の生菌のみが現れる。

これらのことから、この(エ)は(オ)型菌の(カ)が取りこまれて起こると考えられた。

細菌に感染するウイルスはファージと呼ばれ、(カ)とタンパク質から構成される。リンを含むが硫黄を含まない(カ)は放射性同位元素である ^{32}P で標識することができ、同様に硫黄を含むがリンを含まないタンパク質は ^{35}S で標識することができる。ハーシーとチェイスは T_2 ファージを大腸菌に感染させ、培養液をミキサーで激しく攪拌した後に、遠心分離をして沈殿物と上澄みに分けた。そして、沈殿物と上澄みに含まれる放射能を調べた結果、^A沈殿物には ^{32}P が^B検出されるが、 ^{35}S はほとんど検出されなかった。さらに、沈殿物から多数の子ファージが数十分後に現れたことから、(カ)は遺伝形質を発現するとともに、それを子孫に伝えることができる物質であることが明らかになった。

問 1 文中の(ア)～(カ)に適切な語句を答えなさい。

問 2 グリフィスの実験で、R 型菌の死菌を S 型菌の生菌と混合して接種するとマウスはどうかと考えられるか答えなさい。

問 3 エイブリーの実験で S 型菌をすりつぶして得た抽出液を RNA 分解酵素で処理し、R 型菌に混ぜて培養すると、どうなると考えられるか答えなさい。

問 4 下線部 A について、培養液をミキサーで激しく攪拌する理由を簡単に答えなさい。

問 5 ハーシーとチェイスの実験において沈殿物に含まれているものは何か答えなさい。

問 6 下線部 B について、この結果から言えることを答えなさい。

問 7 ハーシーとチェイスの実験において、上澄みから ^{32}P は検出されずに ^{35}S のみが検出された場合、どのようなことが考えられるか答えなさい。

問 8 ハーシーとチェイスの実験結果から、なぜ遺伝子の本体が(カ)であると言えるのか答えなさい。

4 次の文章を読み、以下の質問に答えなさい。

脊椎動物の眼はカメラとよく似た構造をしており、ヒトの眼に入った光は、角膜、瞳孔を通り、(ア)で屈折したあと、ガラス体を通して網膜の上に像を結ぶ。眼から近い距離の物体を見るときには、(ア)の周辺部にある(イ)の筋肉が収縮することで(ウ)が緩み、(ア)の厚さが(エ)なり、鮮明な像が網膜上に結ばれる。網膜にはいくつかの特殊な部位がある。網膜全体の視神経が集まって網膜を貫く部位は(オ)と呼ばれ、この部位には錐体細胞や桿体細胞が全くないために光を感知できない。また、網膜の中心部にあり錐体細胞が集中している部位は(カ)と呼ばれる。

網膜上に結ばれた像の光を受容するのが、桿体細胞と錐体細胞という2種類の(キ)細胞である。これらの(キ)細胞は光を照射されると、ある大きさの膜電位^Aの変化を示す。そしてここで受け取った情報が視神経^Bへと伝達される。錐体細胞には3種類の細胞があり、脊椎動物の色覚は、網膜の中にどの種類の錐体細胞をもつかによって決まる。また、桿体細胞は(ク)と呼ばれる光受容タンパク質を有している。暗いところから急に明るいところへ出ると、まぶしくてものが見えにくい。これは、暗所で蓄積されていた桿体細胞内の(ク)がいっせいに分解され、細胞が過度に反応するために起こる。(ク)が減少すると、桿体細胞の感度が(あ)してまぶしくなくなり、錐体細胞の働きによって見えるようになる。このような現象を明(ケ)という。一方、明るい場所から暗い場所に入ると、最初はものがよく見えないが、しばらくすると見えるようになる。これは、暗所で錐体細胞の感度がある程度(い)することと、桿体細胞の(ク)が蓄積されて感度が飛躍的に(う)することによって、弱い光でも受容できるようになるからである。このような現象を暗(ケ)という。

問1 文中の(ア)～(ケ)に適切な語句を答えなさい。

問2 文中の(あ)(い)(う)には「上昇」「低下」のいずれかが入る。適切な語句をそれぞれ答えなさい。

問3 下線部Aについて、両者のはたらきの違いを簡単に説明しなさい。

問4 ヒトが明るい場所から暗い場所に入ったとき、光が角膜から網膜に至る経路にある構造で、どのような変化が起こるか20字以内で説明しなさい。

問5 下線部Bにおいて、光の強さの変化は何の変化として脳に送られるか答えなさい。

問 6 錐体細胞は光の波長の違いを見分ける色覚に関与している。照射光の波長が異なると、3種の錐体細胞での応答の大きさの度合いが異なり、この情報が脳に送られ、ヒトは異なる色として感じる。ヒトの3種類の錐体細胞は赤錐体細胞、緑錐体細胞、青錐体細胞である。

(1) 3種類の錐体細胞がよく吸収する光の波長をそれぞれ選りなさい。

- | | |
|-------------|-------------|
| ① 220 nm 付近 | ② 420 nm 付近 |
| ③ 530 nm 付近 | ④ 560 nm 付近 |
| ⑤ 750 nm 付近 | |

(2) 通常、色覚障害がないヒトは赤と緑の混合光と、黄色の単色光が区別できないが、この機構を簡単に説明しなさい。

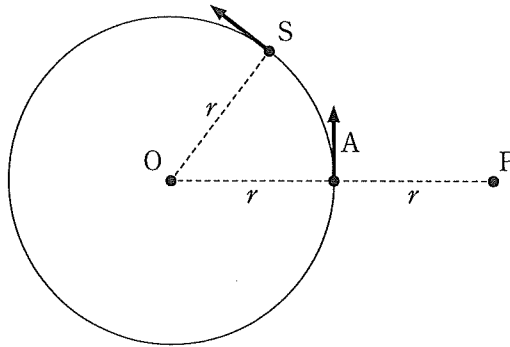
(3) ヒトを含む霊長類以外のほとんどの哺乳類は錐体細胞を2種類しかもたない。これは哺乳類の祖先においては4種類の錐体細胞うちの2種類が退化したからである。どのような事が退化の要因として考えられるか答えなさい。

(4) (ク)は桿体細胞内で合成される一方、光を受容すると分解される。明るい場所に目が慣れるというのは、どういう状態か適切なものを全て選りなさい。

- ① (ク)の合成速度 > (ク)の分解速度であり、(ク)が蓄積していく。
- ② (ク)の合成速度 > (ク)の分解速度であり、(ク)が減少していく。
- ③ (ク)の合成速度 < (ク)の分解速度であり、(ク)が蓄積していく。
- ④ (ク)の合成速度 < (ク)の分解速度であり、(ク)が減少していく。
- ⑤ (ク)の濃度が高い。
- ⑥ (ク)の濃度が低い。
- ⑦ (ク)は合成されていない。

物 理 (その1)

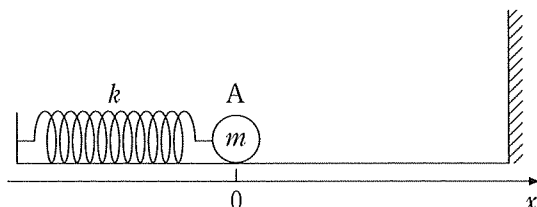
- 1 図のように、振動数 f_0 [Hz] の音源 S が、点 O を中心として反時計回りに、角速度 ω [rad/s] の等速円運動をしている。円運動の半径は r [m] である。音源 S から発せられる音波を点 O から $2r$ [m] 離れた点 P で観測する。音速を V [m/s] とし、音源 S は時刻 $t = 0$ s に図中の点 A を通過するものとする。無風状態であり、 $t = 0$ s 以前には音を発していないものとする。また、問(1)から問(5)では、音源の速さが音速を超えていない場合を考える。以下の問いに答えなさい。



- (1) 点 P で最も高い音が聞こえたのは、音源 S が円軌道上の点 B を通過するときに発せられた音であった。 $\angle POB$ は何 [rad] か求めなさい。また、音源 S が点 B を初めて通過した時刻を求めなさい。
- (2) 点 P で聞こえる最も高い音の振動数と最も低い振動数をそれぞれ求めなさい。
- (3) 点 P で最も低い音が聞こえた後、次に最も高い音が聞こえるまでの時間を求めなさい。
- (4) $t > 0$ s において、初めて点 P で振動数 f_0 [Hz] の音が聞こえてから、次に振動数 f_0 [Hz] の音が聞こえるまでの時間を求めなさい。
- (5) 時刻 t [s] に音源 S から発せられる音波が、点 P で観測されるとき振動数を $f(t)$ [Hz] とする。 $f(t)$ を表す式を導きなさい。また、 $f(t)$ の変化の様子を $t = 0$ s から音源 S が1周して点 A を通過するまでの範囲でグラフに描きなさい。
- (6) 音源 S の速さが音速を超えた場合、点 P で観測される音波に関してどのような変化がみられるか 100 字以内で説明しなさい。

- 2 下図のように、なめらかな水平面上に、左端が固定された軽いばね(ばね定数 k)があり、右端に質量 m の物体 A が取り付けられている。ばねの自然長の状態で物体 A の位置を $x = 0$ とし、 x 軸を設定して右向きを正の方向とする。また、摩擦は無視できるものとする。

まず、物体 A を $x = 0$ の位置から右にわずかに動かして手を放すと、物体 A は壁に衝突することなく、滑らかに往復運動を行った。以下の問いに答えなさい。



- (1) 物体 A が往復運動をする際の周期 T を求めなさい。

次に、ばねを $x = 0$ の位置から距離 a だけ押し縮め、その右隣に同じ質量 m の物体 B を配置した。物体 B は物体 A に接しており、時刻 $t = 0$ で物体 A から手を放した。最初、物体 A と物体 B は接触したまま運動していたが、ある位置で物体 B が物体 A から離れ、それぞれ別々に運動するようになった。

- (2) B が A から離れる瞬間の位置と時刻を求めなさい。またそのときの A と B の速度をそれぞれ求めなさい。

物体 B が物体 A から離れた後、物体 B はその速度を保ちながら右方向に進み、右側の壁に完全弾性衝突した。一方、物体 A は物体 B と離れた後、徐々に減速し、やがて速度が 0 になったとき、壁に衝突した物体 B と完全弾性衝突した。

- (3) A と B が離れてから衝突するまでにかかった時間と、その衝突が起こった位置を求めなさい。
- (4) 右側の壁がどの位置にあるかを求めなさい。ただし、壁に衝突する物体 B が完全弾性衝突する条件を考慮すること。

物 理 (その2)

- 3 図1のように、抵抗値 R の抵抗 R 、自己インダクタンス L のコイル L 、電気容量 C のコンデンサー C が交流電源 E に接続されている。ab 間の電圧を測定したところ、図2のような周期 T 、最大値 V_0 の正弦曲線であった。a の電位が b の電位より高いときを正の電圧とし、a から b へ電流が流れるときを正の電流の向きとする。以下の問いに答えなさい。

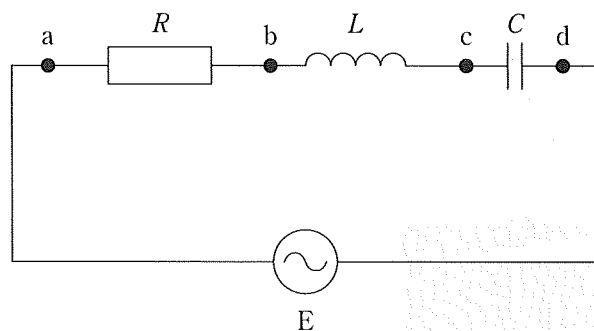


図 1

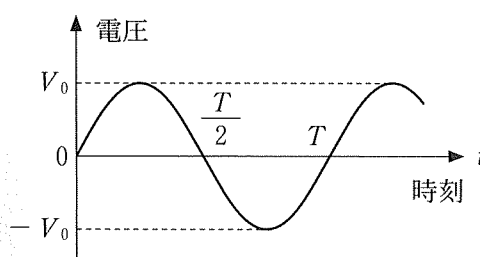


図 2

- (1) 交流の角周波数 ω を求めなさい。

以下、 T の代わりに ω を用いて答えなさい。

- (2) ab 間を流れる電流を時刻 t の関数として表しなさい。また、この電流の実効値を求めなさい。
- (3) bc 間にかかる電圧 v_1 を時刻 t の関数として表しなさい。また、この電圧の実効値を求めなさい。ただし、b の電位が c の電位より高いときを正の電圧とし、b から c へ電流が流れるときを正の電流の向きとする。
- (4) cd 間にかかる電圧 v_2 を時刻 t の関数として表しなさい。また、この電圧の実効値を求めなさい。ただし、c の電位が d の電位より高いときを正の電圧とし、c から d へ電流が流れるときを正の電流の向きとする。
- (5) 図2で、cd にかかる電圧が 0 になる時刻 t を $0 \leq t \leq T$ の範囲で求めなさい。
- (6) 電源電圧の最大値 V_3 を求めなさい。
- (7) bd 間の電圧が常に 0 になる角周波数 ω_1 を求めなさい。
- (8) この回路での消費電力の時間平均を求めなさい。

4

図1のように、空気中で水平面上に置かれた屈折率 n_2 の平坦なガラス板の上面に、屈折率 n_1 で一様な厚さ d をもつ薄膜が広がっている。波長 λ_0 の単色光を薄膜表面に垂直に入射させ、薄膜の上面で反射する光線 A と、薄膜とガラス板の間の平坦な境界面で反射する光線 B が干渉する場合を考える。光線 A と光線 B が干渉して生じた光のことを干渉光と呼ぶ。空気、薄膜の屈折率、ガラス板の屈折率をそれぞれ、 1 , n_1 , n_2 とし、屈折率の大きさは $n_1 > n_2 > 1$ とする。屈折率 n_1 , n_2 は、光の波長によって変わらないものとする。

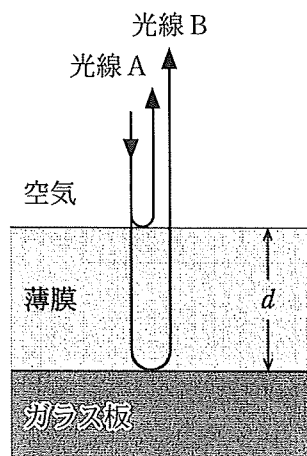


図1

- (1) 薄膜中の光の波長 λ_1 を n_1 , λ_0 を用いて表しなさい。
- (2) 薄膜の厚さを 0 から連続的に増加させたとき、光線 A と光線 B からなる干渉光は、明るくなったり、暗くなったりした。干渉光の明るさが k 回目に極大となったときの薄膜の厚さ d_k を、 n_1 , λ_0 , k ($k = 1, 2, 3, \dots$) を用いて表しなさい。
- (3) 薄膜の厚さが d_k のときに、入射する単色光の波長を λ_0 から短くしていくと、干渉光は一度暗くなった後に、再び明るくなり極大となった。このときの入射光の波長 λ_2 を λ_0 , k を用いて表しなさい。
- (4) (3)の観測において、入射光が波長 $\lambda_0 = 600 \text{ nm}$ で明るくなった干渉光は、入射光の波長を短くしていくと、一度暗くなった後に、入射光の波長が $\lambda_2 = 508 \text{ nm}$ になったときに再び明るくなった。薄膜の屈折率を $n_1 = 2.0$ としたときの薄膜の厚さ d_k を求めなさい。

次に図2のように、波長 λ_3 の単色光を、空气中からガラスの表面をおおう厚さ d の薄膜に入射角 i ($i < 90^\circ$)で入射させた。このとき、薄膜の上面において屈折角 r で屈折して薄膜とガラス板の間の境界で反射し、薄膜の上面に出てくる光線Cと、薄膜の上面において反射する光線Dとの干渉について考える。光線C、光線Dは図中の点 A_1 、 A_2 において同位相であるとする。

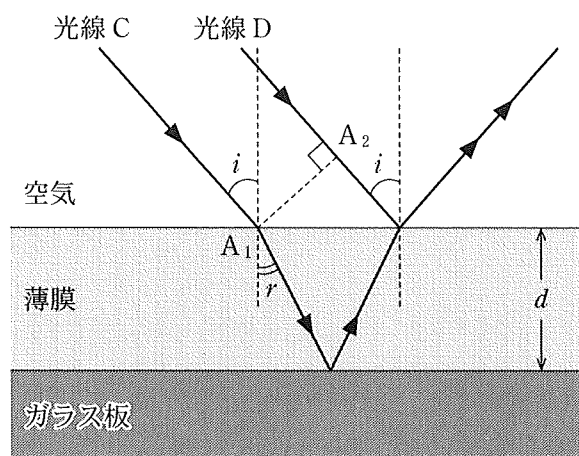


図2

- (5) 光線C、光線Dが反射するとき、光の位相の変化量をそれぞれ答えなさい。
- (6) 光線C、光線Dの反射光が強め合う条件を d 、 i 、 n_1 、 λ_3 と整数 m ($m = 0, 1, 2, \dots$)を用いて表しなさい。
- (7) (6)の観測において、入射光が波長 $\lambda_3 = 560 \text{ nm}$ 、 $r = 60^\circ$ 、 $n_1 = 1.5$ 、 $n_2 = 1.2$ のとき、反射光が明るくなる薄膜の最小の厚さを求めなさい。