

問題訂正

科目名（理科(物理基礎・物理)）

【問題冊子】

1 2 ページ

上から 5 行目と 6 行目

(誤) B→C へと上昇して温度が下がり水蒸気が液化する。

(正) B→C へと上昇して温度が下がり、水蒸気が液化し、その後、雨となり落下する。

1 4 ページ

第 2 段落目、上から 5 行目

(誤) 水蒸気は飽和しておらず $\omega_A (< \omega_S)$ であるとする。

(正) 水蒸気は飽和しておらず、その割合を $\omega_A (< \omega_S)$ であるとする。

令和 5 年度入学者選抜学力検査問題

〈前期日程〉

理 科

(医学部 医学科)

科 目	頁 数
物 理 基 礎 ・ 物 理	2 頁 ～ 13 頁
化 学 基 礎 ・ 化 学	14 頁 ～ 21 頁
生 物 基 礎 ・ 生 物	22 頁 ～ 31 頁

注 意 事 項 I

この冊子には物理、化学、生物の問題がのっている。そこから 2 科目を選択し、解答すること。

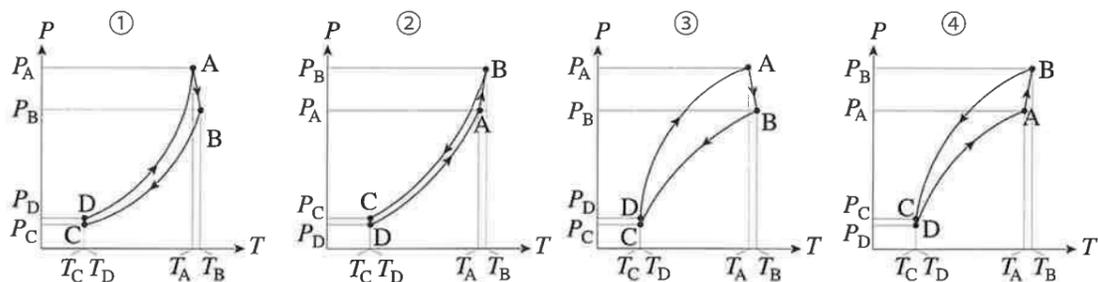
注 意 事 項 II

- 1 試験開始の合図があるまでこの問題冊子を開いてはいけない。
- 2 試験開始の合図のあとで問題冊子の頁数を確認すること。
- 3 解答にかかる前に必ず受験番号を解答用紙に記入すること。
- 4 解答は必ず解答用紙の所定の欄に記入すること。
所定の欄以外に記入したものは無効である。
- 5 問題冊子は持ち帰ってよい。

物理基礎・物理

1 図1は台風の概要を表しており、海面での台風を中心を原点とし、横軸は台風を中心からの距離、縦軸は海面からの高さを表している。図中のA, B, C, Dは位置(高さ, 中心からの距離)を表すとともに、その位置での状態(圧力, 温度)を表す。台風を図2のような熱機関と考える簡単なモデルを用いて、A→B→C→D→Aを循環する¹ 空気と空気に含まれる水蒸気について考える。空気は、台風内部のAから²、より中心に近いBへと移動し、B→Cへと上昇して温度が下がり水蒸気が液化する。C→Dでは乾燥した空気が中心部から周辺部に移動し、D→Aでは空気の温度が上昇するとともに水蒸気の量が増加する。海面付近の空気の密度を $\rho = 1.0 \text{ kg/m}^3$ 、水1 kgあたりの蒸発熱を $L = 2.3 \times 10^6 \text{ J/kg}$ とする。また、高さによる重力の変化は無視できるものとし、重力加速度の大きさを $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とし、以下の問いに答えよ。

問1 A→B→C→D→Aの状態変化を温度 T と圧力 P のグラフに表すとどのようなになるか。簡単のために、B→CおよびD→Aは水蒸気の量の変化は関与しない断熱過程とし、理想気体の状態方程式も成立しているとする。下の図から最も適切なものを選び、①~④の番号で答え、理由を述べよ。なお、 T_A, T_B, T_C, T_D はそれぞれの状態の温度、 P_A, P_B, P_C, P_D はそれぞれの状態の圧力を表している。なお、すべての温度の単位を [K]、すべての圧力の単位を [Pa] とする。



問2 台風の中核部の圧力は、台風の外側の圧力より小さくなっている。このことについて、

- ・ 図1に示したように、十分に高い場所(高さ H [m]) では、中心からの距離によらず、圧力は一定である。
- ・ 同じ高さにおいて「台風中心部の空気の密度」は「台風の外側の空気の密度」より小さい。

を前提として説明せよ。

¹ 台風の中核部には「眼(目)」と呼ばれる風が穏やかな領域があるが、台風を循環する空気は「眼」の外側で上昇するので「眼」の影響は考えなくてよい。また、台風の風は地球の自転による影響で「渦」を巻いているが、設問においては「渦」について考えなくてよい。

² Aは台風内部の風速が大きな場所を考えている。

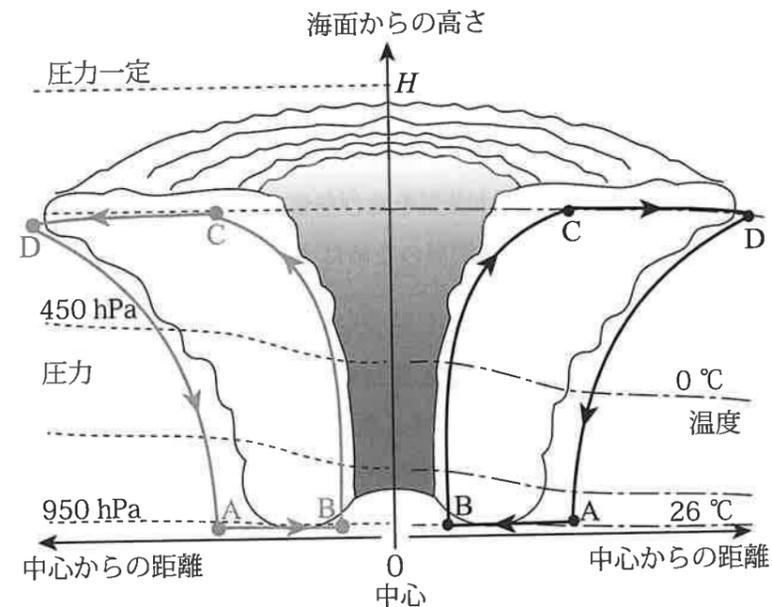


図1 台風の概要

図は台風の断面を表しており、断面に座標軸を設定している。横軸は台風を中心からの距離、縦軸は海面からの高さで、右半分の——は等温線で、左半分の-----は等圧線を表している。高さ H の圧力は一定とする。

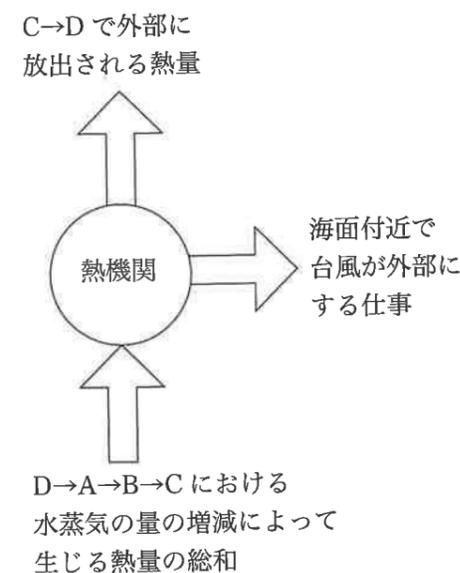


図2 熱機関としての台風

空気に含まれる水蒸気の割合を

$$\omega = \frac{\text{水蒸気の質量}[\text{kg}]}{\text{水蒸気を含む空気の質量}[\text{kg}]}$$

で表す。 ω には上限(水蒸気が飽和)があり、上限の値は温度 T [K]と圧力 P [Pa]によって変化する。水蒸気の量は小さな値なので、「水蒸気を含む空気の質量」は「乾燥した空気の質量」と同じであると考えてよい。また、以下では、簡単のためにA→Bにおける温度と圧力は一定であるとする。

図3は海面付近を進む空気の流れ(A→B)を表しており、海面付近の領域と接する長方形の底面(面積 S [m²])で高さ z [m]の直方体を考える。直方体の空気がA→Bを通過するとき抵抗を受け、同時に、直方体の空気の一部が海面付近の空気と交換される。海面付近の領域では水蒸気が飽和しており、ここでの水蒸気の割合を ω_s と表す。一方、Aを通過する空気は、海面から離れた領域から供給されており、水蒸気は飽和しておらず $\omega_A (< \omega_s)$ であるとする。

直方体の空気に働く抵抗力の大きさ f [N]は、海面付近の領域と接触する面積 S 、空気の流れの速さ v [m/s]の2乗、空気の密度 ρ [kg/m³]に比例することが知られており

$$f = \alpha \rho S v^2 \quad (1)$$

となるものとする。ここで、a) α は単位を持たない比例定数である($\alpha > 0$)。直方体の空気がAを速さ v_A [m/s]で通過し、Bでの速さが v_B [m/s]になったとする。簡単のために、直方体の空気がA→Bを平均の速さ $\bar{v} = \frac{1}{2}(v_A + v_B)$ [m/s]で移動し、その移動にかかる時間を t [s]とする。このとき、抵抗力がする仕事の大きさ W [J]は、

$$W = \alpha \rho S t \bar{v}^3 \quad (2)$$

となる。

問3 A→Bを直方体の空気が一定の速さ \bar{v} で移動するとして、式(1)を用いて式(2)を導出せよ。

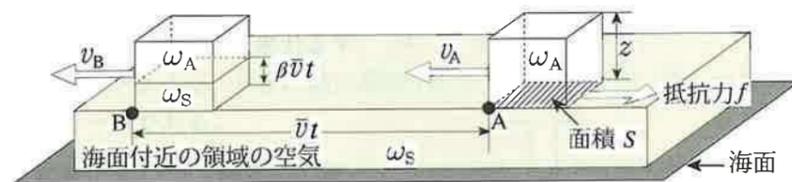


図3 海面付近での空気の変化

体積 zS の空気が平均の速さ \bar{v} で海面と平行に進む(問3)。

Aを通過するときの水蒸気の割合は ω_A で、Bを通過するとき体積 $\beta \bar{v} t S$ ($z > \beta \bar{v} t$)の空気が飽和状態(ω_s)になるとする。海面付近の領域の空気は、海から水蒸気が供給され、常に飽和状態であるとする(問5)。

直方体の空気がAからBへと進む間に、「Aを通過する空気」と「海面付近の領域の空気」が交換される。 Δt 秒間に交換される空気の体積 ΔV [m³]は、A→Bにおける空気の平均の速さ \bar{v} と海面付近の領域との接触面積 S に比例して、

$$\Delta V = \beta \bar{v} S \Delta t \quad (3)$$

であるとする。ここで、b) β は単位を持たない比例定数である($\beta > 0$)。このため、図3に示したように、直方体の空気がA→Bに移動する間に、体積 $\beta \bar{v} S t$ の空気が、Aを通過した空気(水蒸気の割合 ω_A)と海面付近の領域の空気(水蒸気の割合 ω_s)との間で交換されることになる。

A→Bを進んだ体積 zS の空気がB→C→D→Aへと進むと、表1および図4のように空気に含まれる水蒸気量が増加する。A→Bを体積 zS の空気が進み、海面付近の領域から水蒸気が移動したのち、c) B→C→D→Aを進む間に、水蒸気の質量は $M = \rho \beta \bar{v} S t (\omega_s - \omega_A)$ [kg]だけ減少する。このため、台風は熱エネルギー $Q = LM$ [J]を獲得する。ここで、 L は水の蒸発熱で、 ρ は空気の密度である。

台風は外部に仕事をやる。この仕事は、抵抗力がする仕事 W と同じ大きさであるとする。台風を熱機関と考えると、その熱機関の効率 e は

$$e = \frac{W}{Q} \quad (4)$$

と表すことができる。

表1 循環する空気の水蒸気の割合
図3および図4を参照のこと

A	B	C	D
ω_A	ω_s と ω_A の混合	0	0

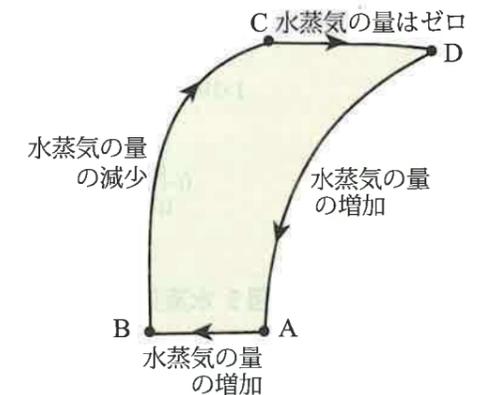


図4 熱機関の状態変化

問4 下線部 a) および b) について、式(2)と(3)の両辺の単位を比較して、比例定数 α および β が単位を持たないことを示せ。

問5 B→C→D→Aについて水蒸気量の変化を考えて、下線部 c) のようになることを説明せよ。
なお、C→Dにおいて空気は乾燥しており、水蒸気を含まないものとする。

問6 式(2)と(4)を用いて、風速 \bar{v} を $\alpha, \beta, e, L, \omega_s, \omega_A$ で表せ。

問7 A→Bにおいて圧力が950 hPaで、Aを通過する空気の水蒸気の割合は $\omega_A = 1.6 \times 10^{-2}$ であるとする。A→Bの温度が26 °Cの場合、A→Bの平均の風速 \bar{v} が50 m/sであることが知られているとする。A→Bの温度が30 °Cとなった場合、A→Bの平均の風速 \bar{v} を下の選択肢から選び、①~⑤の番号で答え、理由を述べよ。

なお、26 °Cから30 °Cの温度変化について、 α, β, L, e の値およびAを通過した空気の水蒸気の割合 ω_A は同じ値で、水蒸気の割合の上限 ω_s だけが変化すると考えてよいものとする。

図5から ω_s の値を読み取り、その数値も記載すること。

- ① $35 \text{ m/s} < \bar{v} \leq 45 \text{ m/s}$ ② $45 \text{ m/s} < \bar{v} \leq 55 \text{ m/s}$ ③ $55 \text{ m/s} < \bar{v} \leq 65 \text{ m/s}$
 ④ $65 \text{ m/s} < \bar{v} \leq 75 \text{ m/s}$ ⑤ $75 \text{ m/s} < \bar{v} \leq 85 \text{ m/s}$

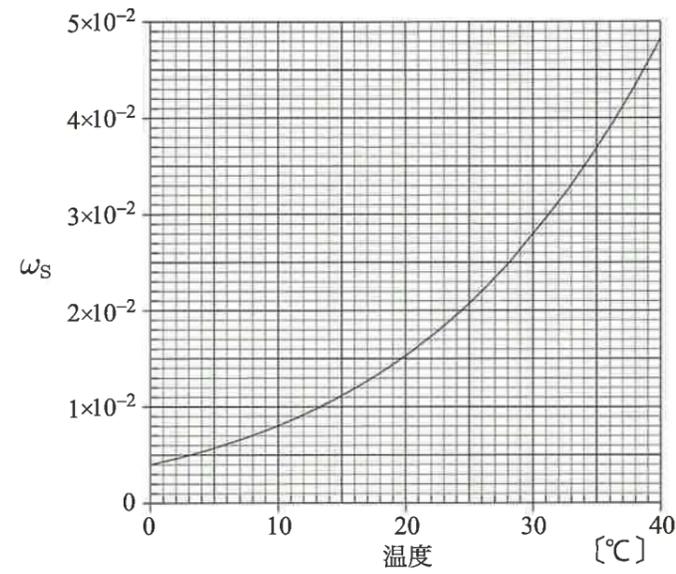


図5 水蒸気の割合の上限 ω_s の温度変化（圧力950 hPaの場合）

(このページは空白)

2 以下は、「I. 実験」、「II. 2つの点電荷」、「III. 静電気現象の定理」の3つの項目からなり、それらの関連を議論する。

I. 実験

xy 平面（水平面）に対して鉛直方向上向きに z 軸をとった原点を O とする xyz 空間を考える。重力加速度の大きさを g [m/s^2] とする。この空間に設置した 図6 のような装置について考える。質量 m [kg] の小さな導体球（以降、導体球 A）が xyz 空間に固定された点 H から軽くて伸び縮みせず帯電しないひもによってつるされている。点 H から導体球 A までの長さを L [m] とする。導体球 A は、電荷を蓄えることができる質点（質量はあるが大きさの無視できる小さな点）として取り扱うこととし、導体球 A がもつ電荷の分布については考えないこととする。導体球 A の横には、接地された無限に広い金属板（以降、金属板 G）が導体球 A の存在する側の面（以降、この面を「表面」とし、反対側の面を「裏面」とする。）と yz 平面が一致するように固定されている。導体球 A が最下点にある位置から金属板 G の表面に向かっておろした垂線の長さは d [m] ($d > L$) で、この垂線と表面との交点が原点 O と一致している。接地された金属板 G の裏面より x 軸の負の方向の空間には何も存在しないものとする。

帯電しておらず最下点で静止している導体球 A と金属板 G の間に、十分に細い導線を用いて電圧が可変な直流電源を接続する。導体球 A と接地された金属板 G に蓄えられる電荷は、自然には放電を起こさず、導体球 A と接地された金属板 G 以外のものからの電界の影響も受けないものとする。加えて、直流電源と導体球 A を接続している導線は、導体球 A の運動を妨げることはないものとする。この装置に対して以下の操作を行った。すべての操作は真空中で実施し、真空中でのクーロンの法則の比例定数を k_0 [$\text{N}\cdot\text{m}^2/\text{C}^2$] とする。なお、アース (\perp) の電位を 0 V とする。

(操作1) 直流電源の電圧を 0 V から徐々に変えたところ、導体球 A は接地された金属板 G に xz 平面内で引き寄せられた。導体球 A の電位が $-V$ [V] になったところで、直流電源の電圧を一定にした。このとき、図7 のように鉛直方向とひものなす角度が θ [$^\circ$]（ただし、 $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ）になるところでつり合っており、導体球 A には $-Q$ [C] の電気量が蓄えられていた。以降、「 $-Q$ の電気量をもった導体球 A」を「帯電した導体球 A」という。「帯電した導体球 A」は、 $-Q$ の電気量をもった質量 m の質点であると同時に、質量 m をもった電気量 $-Q$ の点電荷としても取り扱うことができるものとする。

(操作2) 電圧を保ったまま、装置に触れないように、直流電源をそっと取り外した。このとき、図8 のように角度 θ に変化はみられなかった。

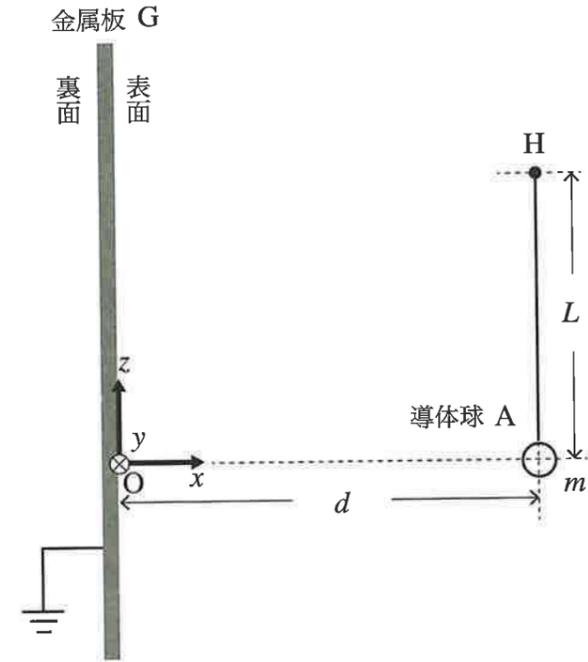


図6 装置の概要図。 y 軸の方向は、紙面に垂直に表から裏に向かう向きで、以降この方向を \otimes と表記する。

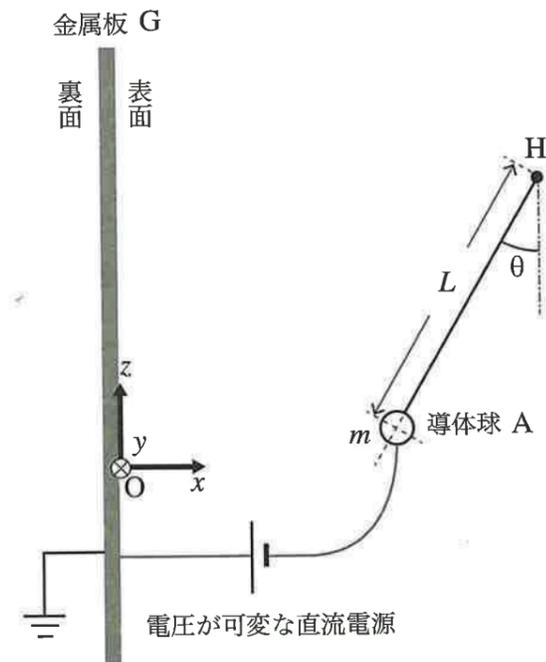


図7 装置に電圧が可変な直流電源を接続して電圧を与え、 $-Q$ [C] の電気量を導体球 A に蓄えたときの様子

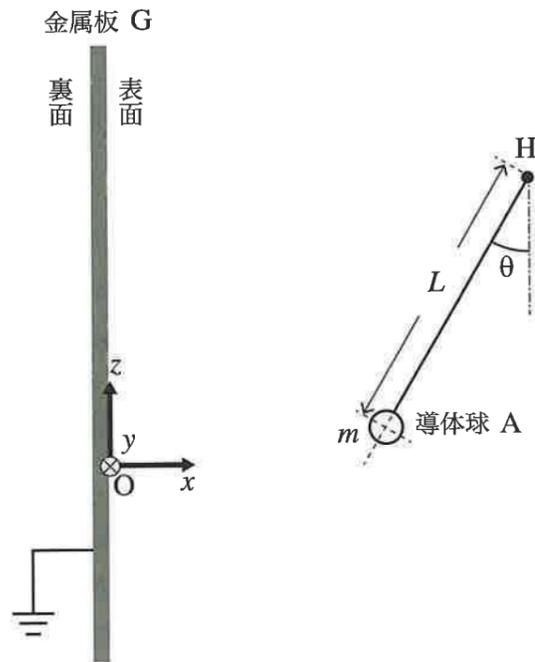


図8 (操作2) の後の装置の様子

- 問1 (操作1) のときに、導体球 A が金属板 G に引き寄せられた理由を述べよ。
- 問2 (操作2) において、以下の2つにふれて、角度 θ に変化がみられなかった理由を述べよ。
- ・ 導体球 A に生じている電荷
 - ・ アースに接続された金属板 G に生じている電荷

以降、(操作2) を終えた状況について考える。なお、この状況において無限遠の電位は 0 V になっている。

問3 接地された金属板 G と帯電した導体球 A が xz 平面上につくる電気力線の模式図を図9に示す。この電気力線に対応する等電位線の模式図として最も適切なものを図10の(ア)~(カ)のうちから選べ。図中に小さい白丸で表記したものが、帯電した導体球 A である。

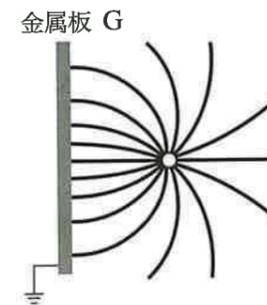


図9 接地された金属板 G と帯電した導体球 A (小さい白丸) が xz 平面上につくる電気力線の様子。図中の太線は電気力線を表す。

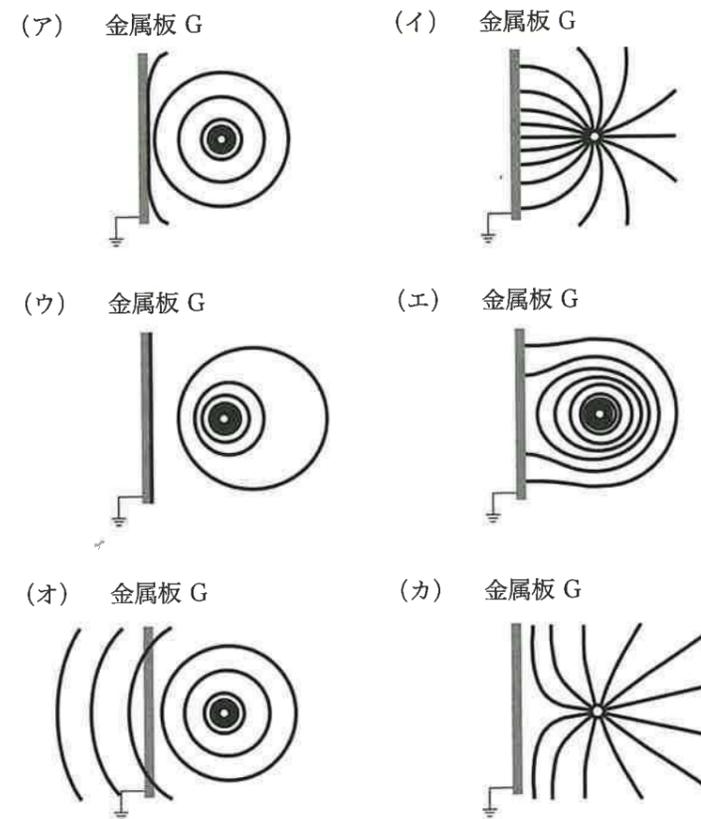


図10 接地された金属板 G と帯電した導体球 A (小さい白丸) が xz 平面上につくる等電位線の選択肢。各図の中の太線は等電位線を表す。黒く塗りつぶされているように見える部分は等電位線が密集している。

II. 2つの点電荷

図11のように、座標 $(a[m], 0, b[m])$ に電気量 $-q [C]$ の点電荷 M、座標 $(-a[m], 0, b[m])$ に電気量 $+q [C]$ の点電荷 N が置かれている (ただし、 $q > 0$)。なお、無限遠の電位を $0 V$ とする。

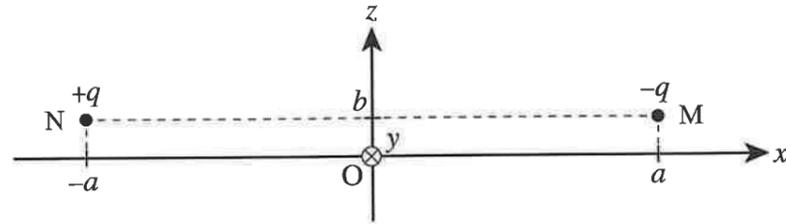


図11 2つの点電荷の配置

問4 [1] ~ [8] に適切な数式や数値を入れよ。また、[あ] ~ [え] は選択肢から最も適切な語句を選べ。

$x \geq 0$ の領域における座標 $(a, 0, b)$ を除く任意の点 R の電位 $V_R [V]$ について考える。点 R の座標を $(x[m], y[m], z[m])$ と表す (ただし、 $x \geq 0$)。 V_R は、点電荷 M が点 R につくる電位 $V_M [V]$ と点電荷 N が点 R につくる電位 $V_N [V]$ を用いて、[1] と表すことができる。したがって、2つの点電荷が点 R につくる電位 V_R は

$$\frac{-[5]}{\left\{ (x - [2])^2 + y^2 + (z - [3])^2 \right\}^{[4]}} + \frac{[5]}{\left\{ (x + [2])^2 + y^2 + (z - [3])^2 \right\}^{[4]}}$$

となる。この式において、 $x = 0$ とすると V_R の値が [6] V となっており、 yz 平面は [6] V の等 [あ] 面になっていることがわかる。

つぎに、 $x = 0$ の yz 平面上の電界について考える。電界は、[い] なので、大きさと向きをもった量である。 yz 平面上の任意の点 T の座標は、 $(0, y, z)$ と表すことができる。したがって、2つの点電荷が点 T につくる電界の大きさは

$$\frac{[8] \times [2]}{\left\{ ([2])^2 + y^2 + (z - [3])^2 \right\}^{[7]}}$$

であり、その向きは [う] の方向で、 yz 平面に対して [え] である。

[あ] の選択肢： 電気力、電界、磁界、電位

[い] の選択肢： スカラー、ベクトル、運動量、電気素量、エネルギー

[う] の選択肢： x 軸正、 x 軸負、 y 軸正、 y 軸負、 z 軸正、 z 軸負

[え] の選択肢： 平行、垂直、斜め 30° 、斜め 45° 、斜め 60°

III. 静電気現象の定理

「I. 実験」と「II. 2つの点電荷」について調べた結果、 $x = 0$ の yz 平面上の電位が一致していることがわかった。静電気現象に関する理論において、以下の定理が知られている。

「I. 実験」と「II. 2つの点電荷」において、

・ $x > 0$ の点電荷の配置が同じで、

・ $x = 0$ の yz 平面上の電位が一致していれば、

$x > 0$ の空間のすべての場所で「I. 実験」と「II. 2つの点電荷」の電位および電界が一致する。

このため、「II. 2つの点電荷」について考えることで、「I. 実験」の状況についての電位や電界を求めることができる。

以降、「III. 静電気現象の定理」を使って、「I. 実験」の状況を「II. 2つの点電荷」と対応づけるために、座標 $(a, 0, b)$ にある点電荷 M を「I. 実験」における帯電した導体球 A に置き換えて考える。

問5 帯電した導体球 A はひもでつながれており、鉛直方向とひものなす角度が θ であることから、 q と a, b を Q, d, L, θ のうち必要なものを使って表せ。

問6 「II. 2つの点電荷」および「III. 静電気現象の定理」を使って、「I. 実験」の状況についての電気量 Q を m, g, d, L, k_0, θ を用いて表せ。その導出過程も記すこと。

なお、導体球 A が持つ電荷によってつくられる電界から導体球 A 自身が受ける力については考えない。

化学基礎・化学

必要があれば、次の原子量を用いて計算しなさい。

$$H = 1.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0$$

I 次の文章を読み、以下の問1～3に答えなさい。

溶液中の物質 X, Y および Z が、反応係数 x , y および z で次の反応1で示す化学平衡の状態にあるとする。



この反応の平衡定数 K は、各物質のモル濃度 $[X]$, $[Y]$ および $[Z]$ と各反応係数を用い、次のように表される。

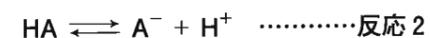
$$K = \boxed{\text{ア}}$$

ここで、平衡状態にある反応1の溶液に温度一定の条件で物質 X を外部から加えた場合、反応1は新たな平衡状態となる。このとき、物質 $\boxed{\text{イ}}$ と $\boxed{\text{ウ}}$ の物質量は前の平衡状態よりも増加し、物質 $\boxed{\text{エ}}$ の物質量は減少するので、物質 X の添加は反応1の平衡を $\boxed{\text{オ}}$ 向きに移動させる。

問1 文章中の空欄 $\boxed{\text{ア}}$ ～ $\boxed{\text{オ}}$ にあてはまる式や語句を答えなさい。

問2 下線部①で、新たな平衡状態での平衡定数を K' とすると、 K' の値は K と比べてどのような値になるか、理由も含めて30字程度で説明しなさい。

問3 次の反応2で表されるある弱酸 HA の電離平衡を例に、平衡の移動、反応物と生成物の量的変化について、以下の問A～Dに答えなさい。なお、pH や浸透圧の測定はすべて25℃で行った。



問A 濃度 c の HA 水溶液中での電離度を α とした場合、電離平衡時の HA, A^- および H^+ の各モル濃度 $[HA]$, $[A^-]$ および $[H^+]$ を c と α で表しなさい。また、水溶液中の総溶質モル濃度 c_t を c と α で表しなさい。

問B 1.0 mol/L HA 水溶液(水溶液 I)の pH は 3.0 であった。水溶液 I での HA の電離度 α_1 と反応2の平衡定数(HA の電離定数) K_a を、それぞれ有効数字2桁で求めなさい。また、計算過程も記しなさい。ただし、水溶液 I では $1 - \alpha_1 \approx 1$ として良いものとする。

問C この設問において、出題ミスが判明し、全員正解とする対応をとりましたので、公開していません。

問D この設問において、出題ミスが判明し、全員正解とする対応をとりましたので、公開していません。

II 錯イオン・錯塩に関する次の文章を読み、以下の問1～5に答えなさい。

金属元素の陽イオンに ア を持ついくつかの分子や陰イオンが イ した、 $[\text{Cu}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ や $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ のようなイオンを錯イオンという。また、 $\text{Na}_2[\text{Zn}(\text{OH})_4]$ のように錯イオンを構成要素に含む塩を錯塩という。さらに、中心の金属イオンに イ した分子や陰イオンを ウ という。

鉄 Fe には、酸化数+2と+3の化合物があり、 $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ や $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{3-}$ などの錯イオンが知られている。それらの形は図1に示したようないずれも正八面体形をしており、 $\text{K}_4[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ や $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ などの錯塩がある。

コバルト(III)イオン Co^{3+} には、様々な錯イオンの存在が確認されている。例えば、 $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]^+$ にはシス形とトランス形の異性体が知られている。

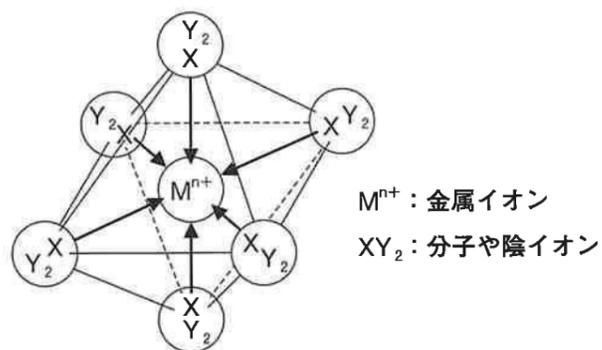


図1 正八面体形をとる錯イオンの模式図

注) 細線と細破線は形を表す補助線

問1 文章中の空欄 ア ~ ウ にあてはまる語句を答えなさい。

問2 錯イオン $[\text{Zn}(\text{NH}_3)_4]^{2+}$ と $[\text{Fe}(\text{CN})_6]^{4-}$ の名称を答えなさい。

問3 下線部①で、シス形とトランス形の異性体を図1にならって記しなさい。ただし、解答用紙欄に予め記してある正八面体形模式図の空白箇所にあてはまる化学式を記入して、答えなさい。

問4 1 mol の $[\text{CoCl}_2(\text{NH}_3)_4]\text{Cl}$ に 3 mol の硝酸銀を反応させると何 mol の塩化銀が生成するか求めなさい。また、その理由を150字程度で説明しなさい。

問5 次の $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ を用いた実験の観察結果を読み、以下の問AとBに答えなさい。

よくみがいた鉄板上に、 $\text{K}_3[\text{Fe}(\text{CN})_6]$ 水溶液とフェノールフタレイン溶液を少量加えた3%塩化ナトリウム水溶液を数滴滴下した。しばらくすると、滴下した溶液の中央付近が青色に変化し、さらに時間がたつと、滴下した溶液の周辺部分がしだいに薄い赤色になってきた。

問A 下線部 a で観察された現象の基となる酸化還元反応の反応式を記し、青色に変化した理由を説明しなさい。

問B 下線部 b で観察された現象の基となる酸化還元反応の反応式を記し、薄い赤色に変化した理由を説明しなさい。

Ⅲ 多糖類に関する次の文章を読み、以下の問1～4に答えなさい。

多糖類にはデンプンやグリコーゲン、セルロースなどがある。

デンプンは多数の **(ア)** 分子 $C_6H_{12}O_6$ が繰り返し縮合した構造を持ち、植物中で光合成によって作られる。デンプンの溶性成分である **(イ)** は、多数のヒドロキシ基があり、冷水には溶けにくい熱水には溶けて **(ウ)** 溶液となる。デンプンの不溶性成分は枝分かれの多い分子でできており、**(エ)** とよばれる。**(エ)** は、**(イ)** と同様の **(オ)** 結合の他、 C^1 と C^6 でも縮合した構造で、枝分かれをしている。この縮合を **(カ)** 結合と呼ぶ。デンプンを薄い酸や酵素アミラーゼなどで加水分解すると、比較的分子量の小さいデキストリンや **(キ)** を生じ、最後にグルコースになる。

セルロースは植物の細胞壁の主成分であり、**(ク)** 分子が直鎖状に縮合した構造をしている。セルロースは多くの溶媒には溶けにくい、 $[Cu(NH_3)_4]^{2+}$ を含む溶液には溶ける。セルロースを酵素セルラーゼで加水分解すると、**(ケ)** を生じる。セルロースに濃硝酸と **(コ)** の混合物を反応させると、硝酸エステルであるトリニトロセルロースを生じる。

問1 文章中の空欄 **(ア)** ～ **(コ)** にあてはまる語句を答えなさい。

問2 下線部①に関連して、分子量が 8.2×10^5 であるデンプンについて、構成するグルコース単位のすべての $-OH$ を $-O-CH_3$ に変化させてから加水分解すると、下記の図2の物質(a)、(b)および(c)がそれぞれ 7.66 g、0.31 g および 0.35 g 得られた。(a)、(b)および(c)の物質質量比、デンプンの重合度を計算し、このデンプン1分子にいくつの枝分かれを持つか答えなさい。ただし、物質質量比については整数で、重合度と枝分かれ数については有効数字3桁で求めなさい。また、計算過程も記しなさい。

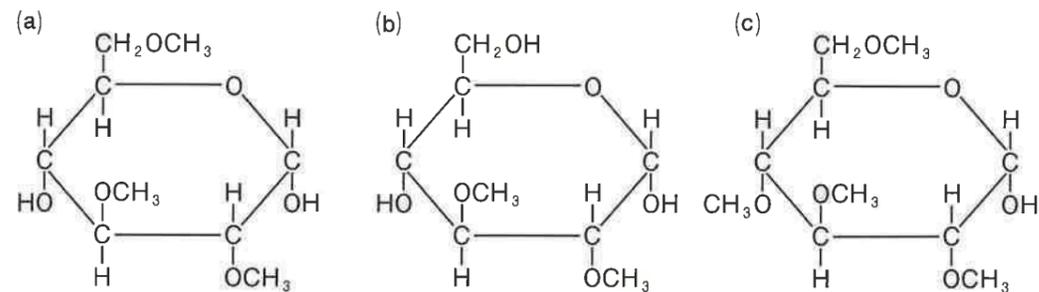


図2 加水分解産物

問3 下線部②に関連して、この試薬を用いてセルロースから再生繊維を作成する方法を、試薬の名称と再生繊維の名称を含めて60字以内で説明しなさい。

問4 下線部③に関連して、セルロースを反応させてニトロセルロース 350 g を得たい。セルロースに存在するヒドロキシ基の55%がエステル化される条件では、セルロースが何 g 必要か整数値で答えなさい。また、計算過程も記しなさい。

生物基礎・生物

1 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

多細胞生物の細胞分裂とは、1つの細胞が2個以上の娘細胞に分かれる細胞の増殖法のことである。細胞分裂の過程は **ア** 分裂とそれに続く **イ** 分裂があり、細胞分裂の種類は **ウ** 分裂と **エ** 分裂がある。

ウ 分裂を繰り返している細胞は、間期と分裂期(M期)を交互に繰り返しながら、増殖する。この間期から分裂期までの一連の過程を **オ** と呼ぶ。間期は、G₁期、S期、G₂期に分けられる。G₁期では、DNAの合成に必要な物質がつけられ、DNA合成の準備が行われる。DNAの合成はS期に行われ、DNAが完全に複製される。G₂期では、細胞分裂に入る準備が行われている。M期になると、**カ** は凝集して光学顕微鏡で観察できる程度に太く短くなる。それぞれの **カ** は、複製されて2つになったものが、中央あたりでくっついた状態になっている。このときの各 **カ** に含まれるDNAの量は、細胞分裂の直後に比べて2倍になっている。M期の後期になると、各 **カ** は中央の結合部分から別れて両極へ移動する。M期の終期には、核が形成され、**イ** 分裂が起こって2個の細胞が生じる。このときに、複製されたDNAが2個の細胞に等しく分配されて同一の遺伝情報をもつ細胞が増えたことになる。

有性生殖では、**キ** を形成する過程で、**カ** の数を **ク** させる特別な細胞分裂である **エ** 分裂が起こる。それぞれの **カ** は、**エ** 分裂が始まる前に複製が完了している。**エ** 分裂では、複製された **カ** が、第一分裂と第二分裂と呼ばれる2回の細胞分裂をへて、4個の娘細胞に分配される。2回目の分裂の間には、DNAの複製は起こらない。

問1 問題文および問4の解答欄の **ア** ~ **ク** に当てはまる用語を答えなさい。

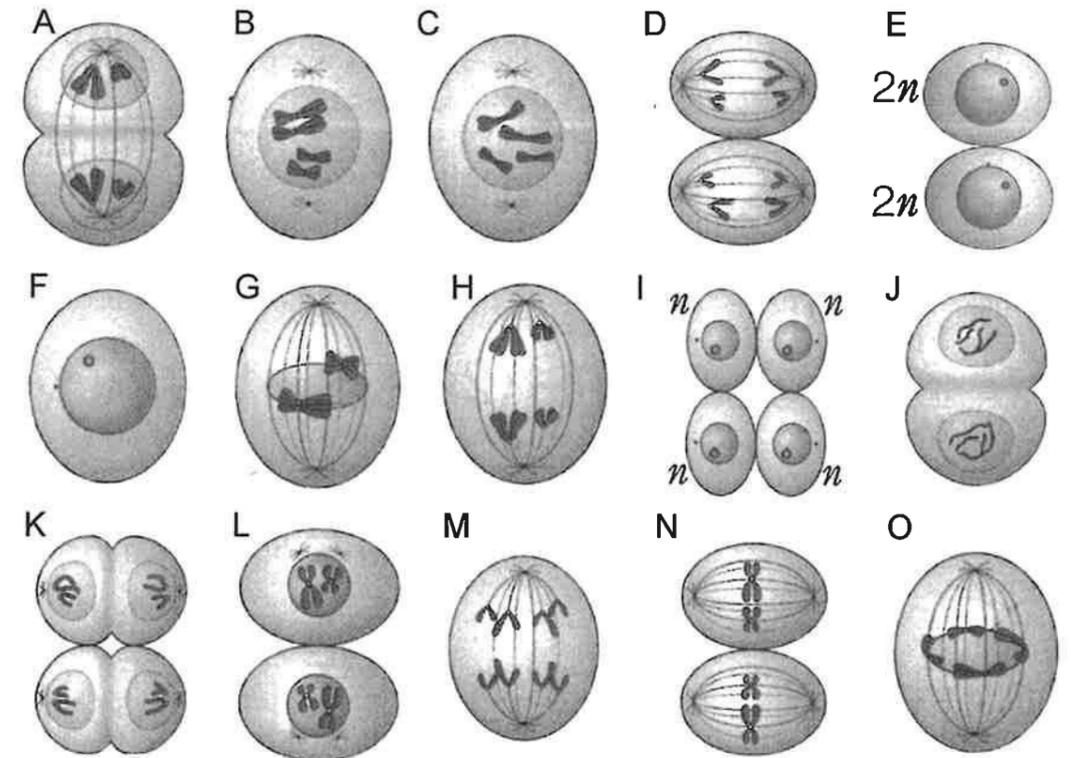
問2 **オ** が24時間の細胞集団600個についてDNA量を調べると、DNA量が2(相対値)の細胞が330個、DNA量が4(相対値)の細胞が180個であった。M期に要する時間を2時間とすると、G₁期、S期、G₂期のそれぞれに要する時間を求めなさい。なお体細胞の通常DNA量は2(相対値)とする。

問3 下線部(a)について、DNAの複製のしくみに関して以下の問いに答えなさい。

(i) 2つのDNA鎖(リーディング鎖とラギング鎖)を合成する酵素の名称とDNA鎖の合成に関してこの酵素の持つ性質を2つ以上挙げて説明しなさい。

(ii) 大腸菌などの多くの原核生物のDNAは環状である。一方、真核生物のDNAは線状であり、DNAの複製において末端部分が完全に複製することができない。真核生物はDNAの末端に特殊な構造を持っている。この構造の名称とその維持に関わる酵素の名称を答えなさい。

問4 **ウ** 分裂と **エ** 分裂の過程において核1個あたりのDNA量の変化を解答欄の図に線を描いて答えなさい。なお体細胞の通常DNA量は2(相対値)とし、また核が消失している際は細胞1個あたりのDNA量を示すこととする。また細胞の状態として当てはまる模式図を以下の図から選択し、解答欄の図の[]内にアルファベット(A~O)で答えなさい。



問5 分裂の過程において遺伝的多様性が生じることが知られている。どの様にして遺伝的多様性が生じるのか以下の用語を用いて説明しなさい。

用語：二価，対合，キアズマ

問6 ヒトの体内で 分裂が観察される臓器の名称を2つ答えなさい。

問7 下線部(b)について、ヒトでは1つの一次卵母細胞から1個の卵しか形成されない。このしくみが初期発生においてどのような有用性があると考えられるか以下の用語を用いて説明しなさい。

用語：卵割，分裂速度，卵黄

(この頁は空白)

2 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

カエルの未受精卵は、色素粒の多い動物半球と少ない植物半球に見分けられる。精子は動物半球から1個だけ卵内に侵入する。すると、卵の表層部が内側の細胞質に対して約30度回転する。この回転はアとよばれ、精子侵入点の反対側の赤道部に周囲と色の異なる領域が生じる。この領域は灰色三日月環とよばれる。卵割が進むにつれて受精卵はやがて胞胚になる。

胞胚期の胚では、イというタンパク質が引き起こす中胚葉誘導が見られる。原口背唇部には、ウとよばれる特別なはたらきをもつ中胚葉が誘導される。原腸形成が始まると、ウは予定外胚葉の領域にはたらきかけ、その領域を神経に分化させる。この現象には、ウから分泌されるエというタンパク質がかかわっている。エは外胚葉だけではなく、中胚葉にも作用する。

中胚葉誘導が見られる胚では、背側の領域にβ-カテニンというタンパク質が多く蓄積されている。β-カテニンの mRNA をカエルの4細胞期胚の腹側に注入すると、発生させた胚に二次胚とよばれる新たな背腹軸を備えたもう1つの胚が形成される。一方、受精卵にはタンパク質A(A)とタンパク質B(B)が発現しており、β-カテニンの分解を調節する。

問1 文章中の空欄ア～エに当てはまる用語を答えなさい。

問2 下線部(a)について、

胚の前後軸、背腹軸、左右軸は、精子が侵入した直後にある程度決まる。図1は異なる方向から見た受精した直後の受精卵を模式的に表している。図中の(あ)～(か)は、前、後、背、腹、左、右のうち、どの方向と考えられるか、答えなさい。

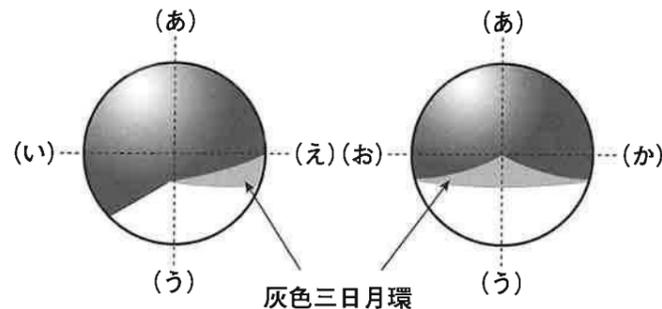


図1

問3 下線部(b)について、

ウのはたらきを明らかにするために、シュペーマンとマンゴルドは色の異なる2種類のイモリを用いて、一方の胚から得た組織片(移植片)をもう一方の胚(宿主胚)に移植する実験を行った。この実験および結果について簡潔に説明しなさい。必要があれば、以下の用語を使っても構わない。

用語：二次胚を形成する組織、腹側赤道部、軸構造、種の色の違い

問4 下線部(c)について、

エはどのように中胚葉に作用するのか簡潔に説明しなさい。

問5 下線部(d)について、下の各問いに答えなさい。

カエルの胚の発生におけるAとBのはたらきを調べたところ、以下の実験結果が得られた。ただし、AとBは胚全体でつくられていると仮定する。

実験I：Aはβ-カテニンだけに作用し、BはAだけに作用した。

実験II：Bの mRNA を4細胞期胚の腹側に注入した。この処置を行った胚を発生させると、二次胚が形成された。

(i) 実験IとIIから、胚の腹側にBの mRNA を注入するとβ-カテニンの濃度はどのように変化すると考えられるか、解答欄の中から正しいと考えられるものを1つだけ丸で囲みなさい。また、AとBのはたらきとして2つの実験結果に矛盾しないものを下の選択肢①～④より2つ選びなさい。

- ① Aはβ-カテニンの分解を促進し、BはAのはたらきを促進する。
- ② Aはβ-カテニンの分解を促進し、BはAのはたらきを抑制する。
- ③ Aはβ-カテニンの分解を抑制し、BはAのはたらきを促進する。
- ④ Aはβ-カテニンの分解を抑制し、BはAのはたらきを抑制する。

実験III：実験IIで使った同じ量のBの mRNA を4細胞期胚の背側に注入した。この処置を行った胚を発生させたが、変化は見られなかった。

実験IV：β-カテニンの mRNA と共にAの mRNA を4細胞期胚の腹側に注入した。この処置を行った胚を発生させたが、二次胚は形成されなかった。

(ii) すべての実験結果をふまえると、AとBはどのようにはたらくと考えられるか、上の選択肢①～④より1つ選びなさい。また、その根拠を簡潔に説明しなさい。

3 次の文章を読み、下の各問いに答えなさい。

動物は、環境からの刺激を受け、それらに対する反応としてさまざまな行動を示す。動物の行動は一般に、遺伝的にプログラム化された生得的な行動^(a)と、生まれてからの経験によって変化する行動(学習による行動)とが複雑に組み合わせられて形成されている。以下では、学習による行動の例として、アメフラシの感覚神経による研究について考える。

海生軟体動物であるアメフラシ(図1)は、背中のえらに続く水管から海水を出し入れして呼吸をしている。水管に接触刺激を与えると、えらを縮めて体の中に引っ込める^(b)。これは「えら引っ込め反射」と呼ばれ、身を守るための行動であると考えられる。しかし、何度も繰り返し接触刺激を与えると、しだいにえらを引っ込めなくなる。これは短期の慣れ^(c)と呼ばれる単純な学習であり、放置すると接触刺激により再びえらを引っ込めるようになる。一方、長い時間刺激を繰り返し続けると、数日～数週間放置してもなかなか元に戻らない長期の慣れ^(d)が持続する。

慣れを起こしたアメフラシの尾部に電気ショックを与えると、水管の接触刺激によるえら引っ込め反射が回復する。これを脱慣れ^(e)という。さらに尾部に強い電気ショックを与えると、水管への微弱な刺激でも敏感にえら引っ込め反射が生じるようになる。これを鋭敏化^(f)という。この場合も刺激の繰り返しにより、長期の鋭敏化^(g)が持続する。

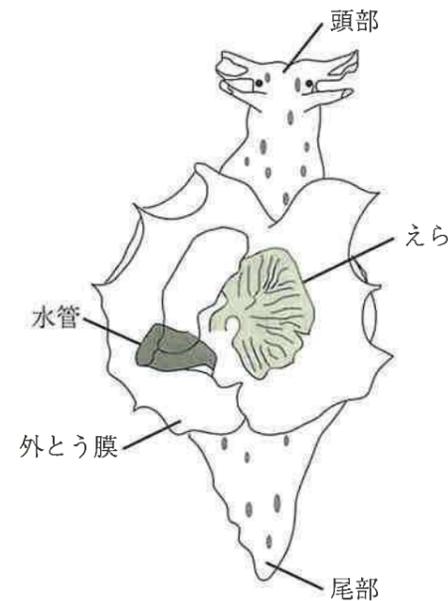


図1 アメフラシ

問1 下線部(a)の生得的な行動とは、どんな動物がどのような行動をとることを指すのか、1例を挙げて簡潔に説明しなさい。

問2 下線部(b)に関連して、以下の問いに答えなさい。

(1) 接触刺激は機械刺激の一種であるが、水管の感覚細胞ではどのように受容されていると考えられるか、以下の用語を全て用いて簡潔に説明しなさい。

用語：イオンチャンネル、感覚細胞、受容器電位、受容体

(2) 図2のような神経筋標本を用いて、筋肉から距離が2.0 cm離れた神経軸索上のA点を刺激すると7.5ミリ秒後に筋肉が収縮し始めた。また、筋肉から8.0 cm離れた神経軸索上のB点を刺激すると9.0ミリ秒後に筋肉が収縮し始めた。一方、筋肉を直接刺激した場合には、4.5ミリ秒後に筋肉は収縮し始めた。

(2-1) この神経軸索上での興奮の伝達速度(cm/ミリ秒)を求めなさい。

(2-2) この神経末端から筋肉への興奮の伝達に要した時間(ミリ秒)を求めなさい。

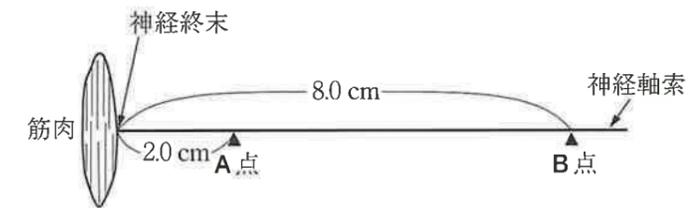


図2 神経筋標本を用いた筋肉の収縮実験

問3 下線部(c), (d)についての次の説明文を読み、以下の問いに答えなさい。

図3に示すように、アメフラシの水管感覚ニューロンは、えら引っ込み反射に関する運動ニューロンに1つのシナプスで結合している。接触刺激により生じた活動電位が感覚ニューロンの末端まで達すると、電位依存性 ア チャンネルが開いて ア イオンが流入してシナプス小胞の神経伝達物質が放出され、えら運動ニューロンに興奮性シナプス後電位(EPSP)が生じる。

この反応が繰り返し生じると、シナプス小胞の減少と ア チャンネルの不活性化により放出される神経伝達物質が減少して、運動ニューロンのEPSPも小さくなるため、えら引っ込み反射が生じにくくなる短期の慣れが成立する。



図3 慣れの成立に関わるアメフラシの神経回路

- (1) 文中の空欄 ア に入る用語を答えなさい。
- (2) 流入する ア イオンはどのようなはたらきによって、神経伝達物質の放出量を増加させるのかについて簡潔に答えなさい。
- (3) 長期の慣れでは、短期の慣れで観察されたシナプス小胞の減少や ア チャンネルの不活性化が正常時の状態にまで回復していても、えら引っ込み反射が生じにくくなっている。その理由を簡潔に答えなさい。

問4 下線部(e), (f), (g)についての次の説明文を読み、以下の問いに答えなさい。

図4のように、脱慣れや鋭敏化は、尾部からの感覚情報を受けた介在ニューロンが、水管感覚ニューロンの神経終末とシナプスを形成して反応を増強させることによる。慣れを起こした状態の水管感覚ニューロンの神経終末の受容体^(h)に介在ニューロンの神経伝達物質 イ が結合すると、cAMPが合成される。cAMPはタンパク質リン酸化酵素(プロテインキナーゼ)を活性化し、活動電位の再分極に関与する ウ チャンネルをリン酸化して不活性化する。すると ウ イオンの流出が減少し、活動電位の持続時間が延長することで、 エ イオンの流入が多くなる。その結果、より多くのシナプス小胞が開口し、神経伝達物質の放出量の増加により運動ニューロンのEPSPが増大して、興奮が生じやすくなる。

さらに介在ニューロンの影響が繰り返されてcAMP濃度が増大すると、タンパク質リン酸化酵素は核内に移動し、調節タンパク質をリン酸化することで、⁽ⁱ⁾新しい遺伝子の発現を誘導し、長期の鋭敏化が成立する。

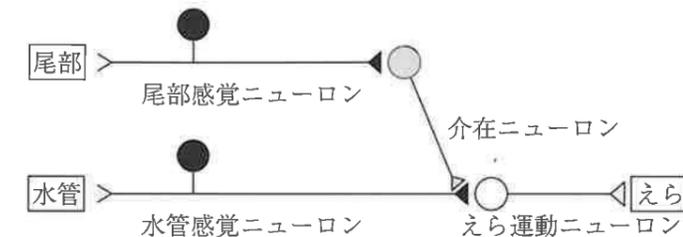


図4 脱慣れと鋭敏化に関わるアメフラシの神経回路

- (1) 文中の空欄 イ , ウ , エ に入る用語を答えなさい。
- (2) 下線部(h)が作用する水管感覚ニューロン上の受容体の種類は何か、以下の選択肢より一つ選びなさい。
 - ① イオンチャンネル型受容体
 - ② 酵素型受容体
 - ③ Gタンパク質共役型受容体
 - ④ 核内受容体
- (3) 長期記憶の形成時には、シナプスの数や形態が変化することが知られている。下線部(i)の長期の鋭敏化成立においては、どのようなはたらきをする遺伝子の発現が誘導され、水管感覚ニューロンの軸索末端で何が生じるのかを答えなさい。

物理基礎・物理

(医学部)



受験番号

--	--	--	--	--

- 注意事項**
- 1 解答にかかると前に必ず受験番号(二箇所)を記入すること。
 - 2 解答は、それぞれの問題に対応する欄の中に記せ。
 - 3 この解答用紙は一切持ち帰ってはいけない。

理由の説明	
番号	
問 1	
問 2	
問 3	
問 4	

1

受験番号

--	--	--	--	--

問5

問6

1

$v =$

番号

理由の説明

問7

採点

1

2

合計点

問 1			
問 2			
問 3			
問 4	1	2	3
	4	5	6
	7	8	あ
	い	う	え
問 5			

$q =$
 $a =$

$b =$

2

Q =

(導出過程)

2

問
6

化学基礎・化学

〈前期日程〉 (医学部 医学科)

受験番号

--	--	--	--	--	--

見本

注意事項
1 すべてのページに受験番号を記入すること

I													
問 1	(ア)	(イ)	(ウ)	(エ)	(オ)								
問 2	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; padding: 5px;">問 A [HA] =</td> <td style="width: 33%; padding: 5px;">[A⁻] =</td> <td style="width: 33%; padding: 5px;">[H⁺] =</td> <td style="width: 33%; padding: 5px;">c₁ =</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="padding: 5px;">[計算過程]</td> </tr> </table>					問 A [HA] =	[A ⁻] =	[H ⁺] =	c ₁ =	[計算過程]			
問 A [HA] =						[A ⁻] =	[H ⁺] =	c ₁ =					
[計算過程]													
問 3	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;">問 B [計算過程]</td> <td style="width: 50%; padding: 5px;">α_I = _____ K_a = _____ mol/L</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;">問 C</td> <td style="width: 50%; padding: 5px;">α_{II} = _____ c_{II} = _____ mol/L</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;">問 D</td> <td style="width: 50%; padding: 5px;">[平衡の変化] [理由]</td> </tr> </table>					問 B [計算過程]	α _I = _____ K _a = _____ mol/L	問 C	α _{II} = _____ c _{II} = _____ mol/L	問 D	[平衡の変化] [理由]		
問 B [計算過程]						α _I = _____ K _a = _____ mol/L							
問 C						α _{II} = _____ c _{II} = _____ mol/L							
問 D	[平衡の変化] [理由]												

採点	I	II	III	合計
----	---	----	-----	----

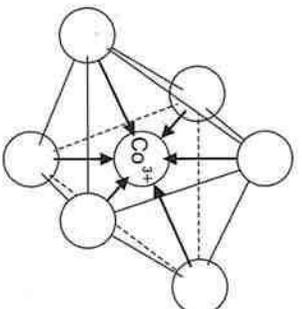
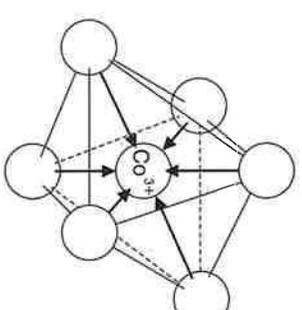
化学基礎・化学

〈前期日程〉 (医学部 医学科)

受験番号

--	--	--	--	--

II

問 1	(ア)	(イ)	(ウ)
問 2	[Zn(NH ₃) ₆] ²⁺ の名称]		[Fe(CN) ₆] ⁴⁻ の名称]
問 3	<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  <p>シス形</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>トランス形</p> </div> </div>		
問 4	[説明] 生成するモル数： _____ mol		
問 5	[反応式] [説明] 問 A [説明] [反応式] [説明] 問 B		

採点

I

II

III

受験番号

--	--	--	--	--	--

見本

令和5年度入学者選抜学力検査問題紙
 令和5年度入学者選抜学力検査問題紙

生物基礎・生物

〈前期日程〉 (医学部 医学科)

1 問 1

ア	イ	ウ	エ
オ	カ	キ	ク

問 2

計算過程：

G ₁ 期	S期	G ₂ 期

問 3

酵素の名称：
 酵素の性質：
 (i) 構造の名称：
 酵素の名称：

問 4

ウ 分裂

細胞の状態	[F]	[]	[]	[E]		
核1個あたりのDNA量(相対値)	4					
	2					
	0					
オ	間期	前期	中期	後期	終期	間期

エ 分裂

細胞の状態	[F]	[]	[]	[]	[]	
核1個あたりのDNA量(相対値)	4					
	2					
	0					
オ	間期	前期	中期	後期	終期	間期

採点	1	2	3	合計点
----	---	---	---	-----

受	験				
番	号				

令和5年度入学者選抜学力検査問題
紙
解 答

生物基礎・生物

〈前期日程〉 (医学部 医学科)

問 5

--

問 6

臓器 1 :	臓器 2 :
--------	--------

問 7

--

受	験					
番	号					

令和5年度入学者選抜学力検査問題
解答用紙

生物基礎・生物

〈前期日程〉 (医学部 医学科)

問 1

ア	イ	ウ	エ
---	---	---	---

問 2

あ	い	う
え	お	か

問 3

問 4

問 5

(i)	β-カテニンの濃度	減る	・	変わらない	・	増える
	AとBのはたらき					
(ii)	AとBのはたらき					
	その根拠：					

受 番	験 号					
--------	--------	--	--	--	--	--

令和5年度入学者選抜学力検査問題
紙
用
答
解

生物基礎・生物

〈前期日程〉 (医学部 医学科)

3 問 1

動物名	
行動	

問 2

(1)	
(2-1) 計算式	
(2)	答え cm/ミリ秒
	答え ミリ秒

問 3

(1)	ア	
(2)		
(3)		

問 4

(1)	イ	ウ	エ	
(2)				
(3)				