

2019 年度一般入学試験(後期)

理 科 (問 題)

注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 31 ページあり、問題数は、物理 4 問、化学 4 問、生物 5 問である。白紙・余白の部分は計算・下書きに使用してよい。
- 2) 別に解答用紙が 3 枚ある。解答はすべてこの解答用紙の指定欄に記入すること。指定欄以外への記入はすべて無効である。
- 3) 3 枚の解答用紙のすべての所定欄に、それぞれ受験番号を記入すること。氏名を記入してはならない。なお、記入した受験番号が誤っている場合や無記入の場合は、当該科目の試験が無効となる。また、※印の欄には何も記入してはならない。
- 4) 理科は物理・化学・生物のうち 2 科目を選択して解答すること。選択しない科目の解答用紙には(受験番号は忘れず記入の上)用紙全体に大きく×印をつけて、選択しなかったことがはっきりと分かるようにすること。
- 5) 3 科目全部にわたって解答したもの、および解答用紙 3 枚のうち 1 枚に×印のないものは、理科の試験全部が無効となる。
- 6) 問題冊子は持ち帰ること。
- 7) 解答用紙は持ち出してはならない。
- 8) 試験終了時には、解答用紙を裏返して、下から順に物理、化学、生物の解答用紙を重ねて置くこと。解答用紙の回収後、監督者の指示に従い退出すること。

物 理 (後期)

I 地球の質量を求めるため、図 1 のように質量の分かった均質な山の近くで振り子を静止させた。地球は半径 R の均質な球体で、 R は地球の表面から測った山の高さに比べじゅうぶん大きい。おもりが山から受ける万有引力は、山の全質量が点 P にあるときの万有引力に等しい。振り子のおもりを吊っている糸は軽く、振り子は地球と山の影響だけを受けるとして以下の問に答えよ。自転の影響はないとする。角度の単位は全てラジアン(rad)である。途中の考え方も記せ。

問 1 図 1 のように山の片側で振り子のおもりが、点 P と同じ高さで距離 d のところで静止している。このとき、振り子の糸は鉛直方向から微小角 θ だけ傾いている。地球の質量は山の質量の何倍か。

微小角 θ は、無限遠にある星 A を基準にすると、高い精度で決定することができる。図 2 のように、同じ経度で、図 1 の山の北側(緯度 α_N)と南側(緯度 α_S)で振り子を吊したところ、おもりは図 1 の点 P と同じ高さで、 $NP = d_1$ 、 $SP = d_2$ となる点 N と点 S で静止した。山の密度は ρ_M で、その形状は底面が半径 r 、高さ h の円錐形である。

問 2 山の北側の振り子の糸は鉛直から微小角 θ_N 、山の南側では微小角 θ_S だけ傾いていたとする。地球の密度を ρ_E として、微小角 ϕ に対して $\sin \phi \doteq \tan \phi \doteq \phi$ を用い、 $\theta_N + \theta_S$ を求めよ。

問 3 北側の振り子の糸の延長線と南側の振り子の糸の延長線の交点を点 O とする。鋭角 $\angle NOS$ を α_N 、 α_S 、 θ_N 、 θ_S を用いて表せ。

このとき、地球からみた星 A の方向と山の北側の振り子の糸がなす角は β_N 、山の南側の振り子の糸がなす角は β_S であった。

問 4 地球の密度 ρ_E を、 θ_N と θ_S を用いずに表せ。

問 5 $R = 6.4 \times 10^6 \text{ m}$, $r = 7.2 \times 10^2 \text{ m}$, $d_1 = d_2 = 6.4 \times 10^2 \text{ m}$,
 $h = 1.0 \times 10^3 \text{ m}$, $\rho_{\text{M}} = 2.56 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$, $\alpha_{\text{N}} = 0.989000$, $\alpha_{\text{S}} = 0.988800$,
 $\beta_{\text{N}} = 1.04700$, $\beta_{\text{S}} = 1.04675$ であるとき, 地球の密度はいくらか。

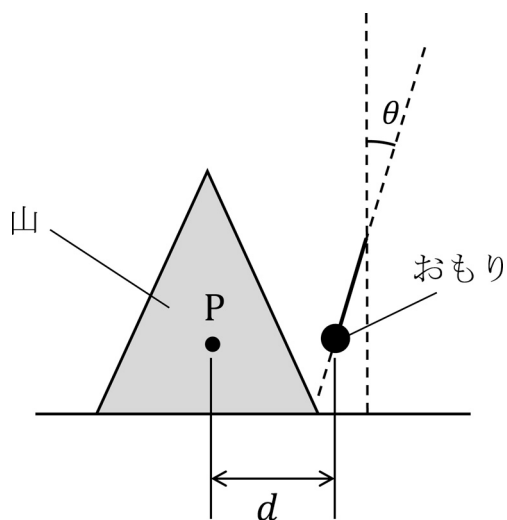


図 1

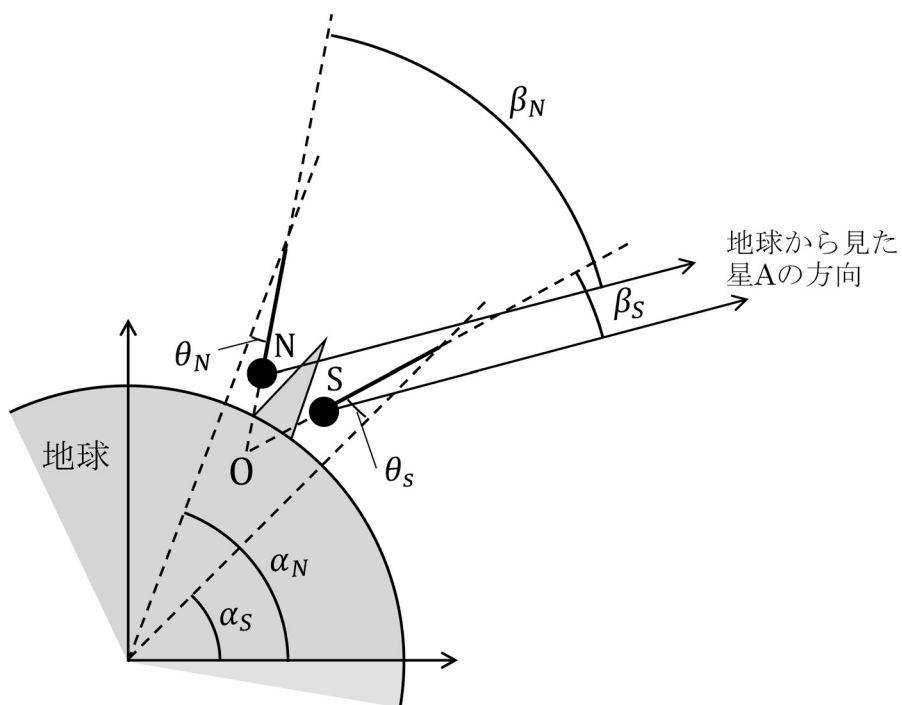
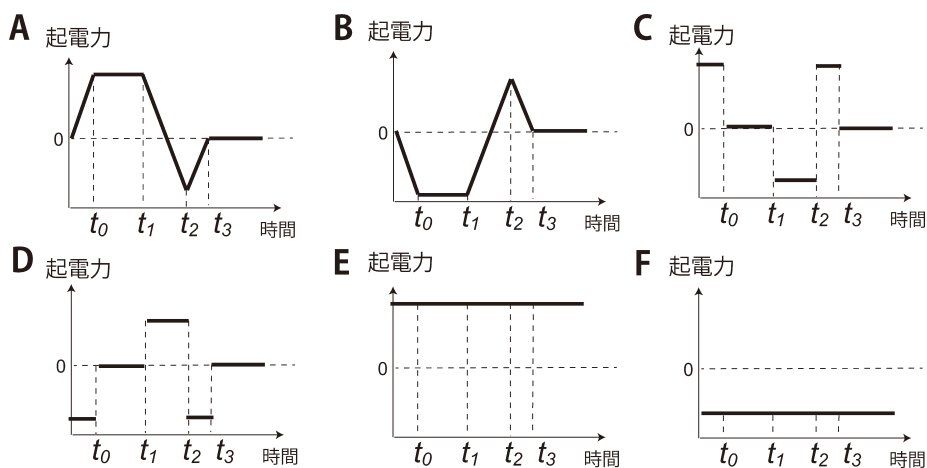


图 2

Ⅱ じゅうぶん長いソレノイドが磁場を介して、少しだけ離れたコイルに与える影響を考える。図1のように平面P上のコイル(半径 r)と、中心軸がコイルの中心Oを通り平面Pに対し直交しているソレノイド(単位長さあたりの巻き数 n)がある。以下の問に答えよ。問2以外は途中の考え方も記せ。ただし空気の透磁率は真空の透磁率 μ_0 に等しいとし、ソレノイドとコイルに流れる電流の向きは、矢印aの向きから見て時計回りを正方向とする。コイルはソレノイドの直径に対してじゅうぶん小さいので、コイルを貫く磁場は一様とみなす。その磁束密度はソレノイド内部の磁束密度の k 倍($0 < k < 1$)とする。

問1 ソレノイドに一定の大きさの正の電流 I が流れている。ソレノイド内部の磁束密度はいくらか。またコイルを貫く磁束はいくらか。

問2 ソレノイドに流れる電流を図2のように時間とともに変える。コイルに誘導される起電力の変化として正しいものを次から選べ。ただしコイルに正の電流を流そうとする起電力を、正の起電力とする。



問3 ソレノイドに流れる電流を、微小時間 Δt の間に I から $I + \Delta I$ ($\Delta I > 0$)に変えると、コイルに大きさ V の起電力が誘導された。 ΔI はいくらか。ただしソレノイドの自己誘導、およびコイルに流れる電流がソレノイドに与える影響は無視できるとする。

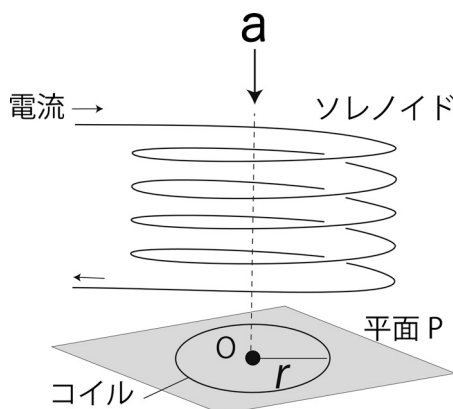


図 1

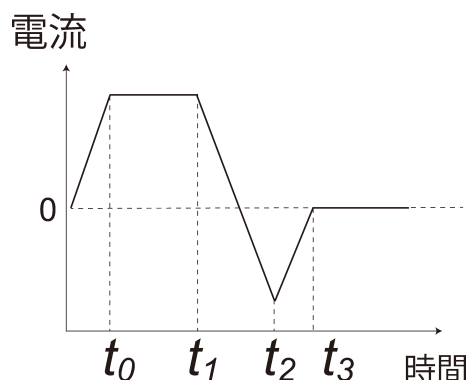


図 2

TMS(経頭蓋磁気刺激法^{とうがい})とは、電磁誘導を用いて頭部外から頭部内の神経細胞を電氣的に刺激する方法である。図 1 のソレノイドが頭部外に、コイルが頭部内にあるとして TMS の仕組みを考えよう。頭部内部の透磁率は真空の透磁率 μ_0 に等しいとする。

問 4 個々の神経細胞を抵抗値 R_c の抵抗と考える。この抵抗が N_1 個並列接続された合成抵抗が、図 3 のように、半径 r の円周上に単位長さあたり N_2 個、直列接続されている回路をコイルとみなす。このコイルにソレノイドによる電磁誘導で大きさ V の起電力が生じたときに、抵抗値 R_c の抵抗に流れる電流はいくらか。

問 5 神経細胞は、流れる電流の大きさが I_c を越えると電気信号を発する。ソレノイドの電流を微小時間 Δt の間に I から $I + \Delta I$ に変化させることで問 4 のコイルに起電力を誘導し、コイルの全ての神経細胞に大きさ I_c の電流を流す。このために必要な ΔI はいくらか。ただし神経細胞が電気信号を発することによるエネルギーの消費は考えない。

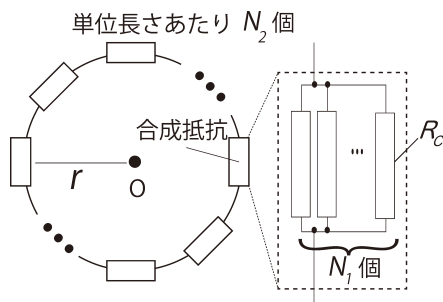


図 3

Ⅲ 水面を伝わる波の速さ v は、水深 d が波の波長に比べてじゅうぶん小さい場合、重力加速度の大きさを g として、 $v = \sqrt{gd}$ で表されることが知られている。

図のように、水を入れた水槽に水深 2 cm の領域Ⅰと水深 10 cm の領域Ⅱがある。3 周期分の直線波を水面に発生させた。時刻 $t = 0$ における、波の山の波面、進行方向、および波の断面を図に示す。このとき、先頭の波の山の一端は領域Ⅰと領域Ⅱの境界上の点 A にある。図の方眼は 0.7 m 間隔である。以下の間に答えよ。ただし、波の減衰、回折による広がり、および 2 つの領域の間の境界や水槽の縁での波の反射は、すべて考えないものとする。 $g = 9.8 \text{ m/s}^2$ とする。

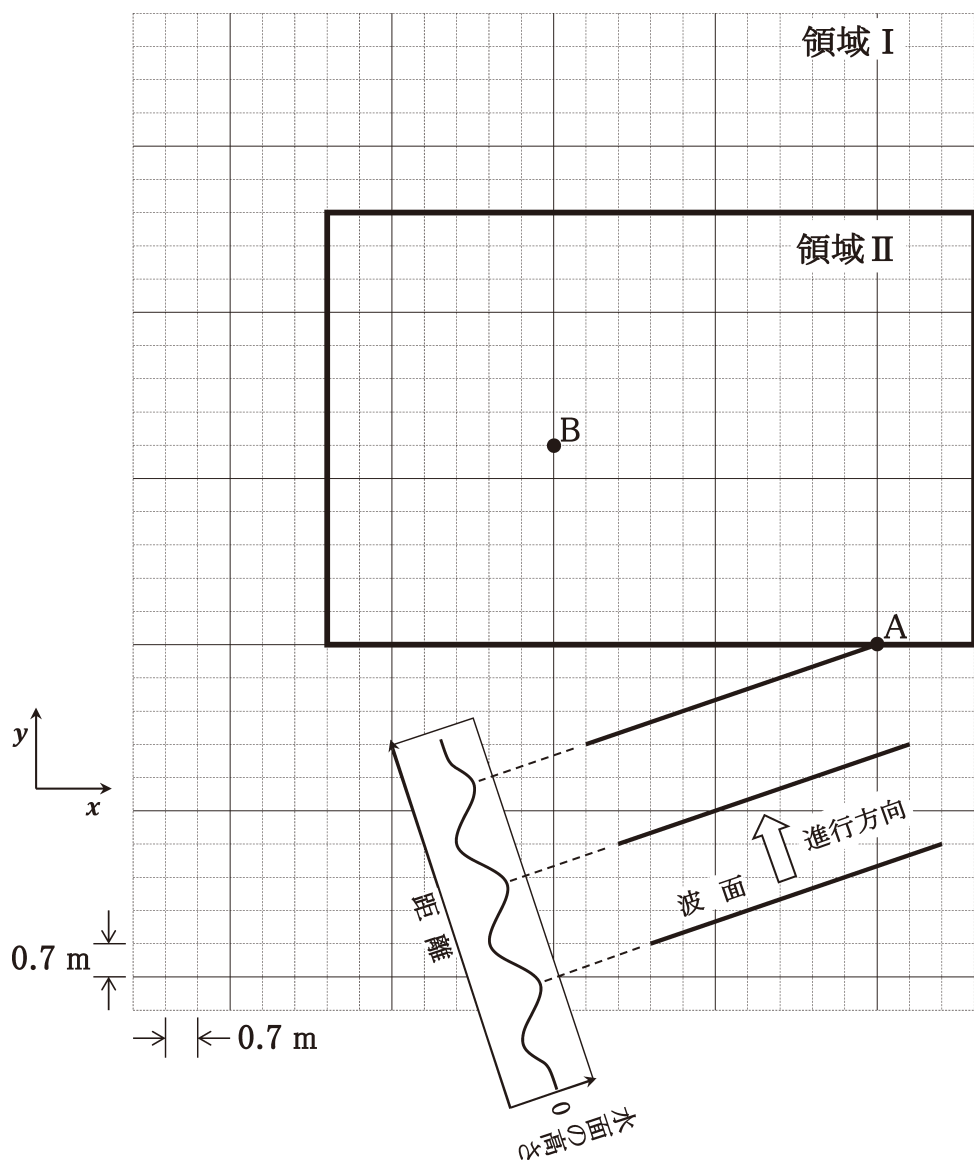
問 1 領域Ⅰにおける波の速さ v_1 および領域Ⅱにおける波の速さ v_2 を求めよ。ただし解答には根号を用いてもよい。

問 2 領域Ⅱに進入した波の進行方向が図の y 軸となす角を θ とする。 $\sin \theta$ の値を求めよ。途中の考え方も記せ。

問 3 $t = 5 \text{ s}$ におけるすべての波の山の波面を解答欄中に図示せよ。

問 4 $t = 5 \text{ s}$ から $t = 25 \text{ s}$ の間の、図中の点 B における水面の高さの変化を、解答用紙のグラフに記入せよ。波がないときの水面の高さを 0 とし、波の山が点 B を通過する時刻を横軸に記すこと。

問 5 $t = 15 \text{ s}$ におけるすべての波の山の波面を解答欄中に図示せよ。



IV 物質に X 線をあてたとき、散乱する X 線の中には、入射する X 線より波長の長いものが含まれる。この現象はコンプトン効果と呼ばれる。

静止している電子に X 線をあてたとき、電子がはじき飛ばされ、同時に X 線も散乱される。コンプトン効果では、X 線を光子としてみなし、散乱を光子と電子の弾性衝突と考える。図 1 は、衝突後の光子の運動量ベクトルを $\vec{OA}$ 、電子の運動量ベクトルを $\vec{OC}$ で表したものである。点 O に静止していた電子は、速さ v で入射方向に対し角度 ϕ の方向に、光子は角度 θ の方向に飛び去ったとする。散乱前の X 線の波長を λ 、散乱後の X 線の波長を λ' 、電子の質量を m 、プランク定数を h 、光速を c とすると、衝突前後におけるエネルギー保存則は次式のように表される。

$$\frac{\boxed{\text{ア}}}{\lambda} = \frac{\boxed{\text{ア}}}{\lambda'} + \frac{1}{2}mv^2 \quad (1)$$

また、衝突の前後で X 線と電子の運動量の総和も保存されるので、平行四辺形 OABC において、 $\triangle OAB$ に余弦定理を適用すると次式が得られる。

$$(mv)^2 = \boxed{\text{イ}} \quad (2)$$

(2) 式を (1) 式に代入して v を消去し、整理すると次式ようになる。

$$\frac{1}{\lambda} - \frac{1}{\lambda'} = \boxed{\text{ウ}} \left(\frac{1}{\lambda^2} + \frac{1}{\lambda'^2} - \frac{\boxed{\text{エ}}}{\lambda\lambda'} \right)$$

この両辺に $\lambda\lambda'$ を掛けると、

$$\lambda' - \lambda = \boxed{\text{ウ}} \left(\frac{\lambda'}{\lambda} + \frac{\lambda}{\lambda'} - \boxed{\text{エ}} \right)$$

となる。衝突による波長の変化量 $\Delta\lambda = \lambda' - \lambda$ が λ に比べじゅうぶん小さいとき、次式のように近似できる。

$$\Delta\lambda = \lambda' - \lambda \doteq \boxed{\text{ウ}} \left(2 - \boxed{\text{エ}} \right)$$

問 1 本文中のア～エの空欄に最も適した文字式を、所定の解答欄に記入せよ。ただし、OA、OB のように表記した線分の長さを用いてはならない。

問 2 はじき飛ばされた電子のエネルギーが最大になるときの X 線の散乱角 θ と波長の変化量 $\Delta\lambda$ を求めよ。途中の考え方も記せ。

コンプトン効果の検証実験を図2のような装置で行った。単色X線を黒鉛に照射すると、散乱したX線のうち、スリットを通過したX線だけが検出用の結晶に入射する。結晶と検出器は回転台に載せられており、回転させることができる。このとき、X線の入射方向に対する結晶表面の回転角 α に対し、検出器は回転角 2α を常に維持するようになっている。結晶の表面は結晶の格子面と平行となっており、結晶の格子面で反射したX線を検出器で測定することができる。

問3 $\theta = 0^\circ$ で、結晶を $\alpha = 0$ から徐々に回転したところ、 $\alpha = \alpha_1$ のとき、検出器が初めて強いX線を検出した。結晶の表面に平行な格子面間隔を d 、スリットを通過したX線の波長を λ_1 として、 λ_1 、 α_1 、 d の関係式を示せ。

問4 図3は $\theta = 0^\circ$ のときの測定結果の一部である。散乱角 $\theta = 45^\circ, 90^\circ, 135^\circ$ のときに推定される測定結果を所定の解答欄に図示せよ。解答欄に図示してある $\theta = 0^\circ$ のときの結果に注意して図示すること。

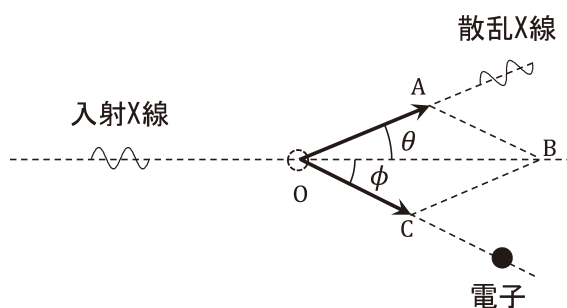


図1

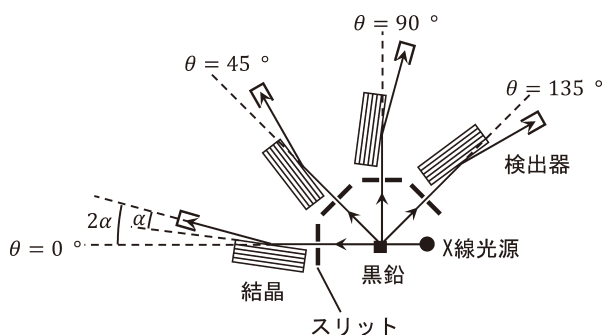


図2

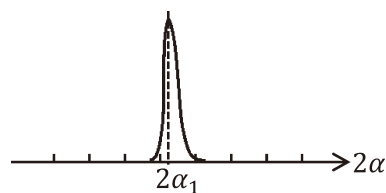


図3

化 学 (後期)

[注意] 問題を解く際に必要ならば、次の値を用いなさい。

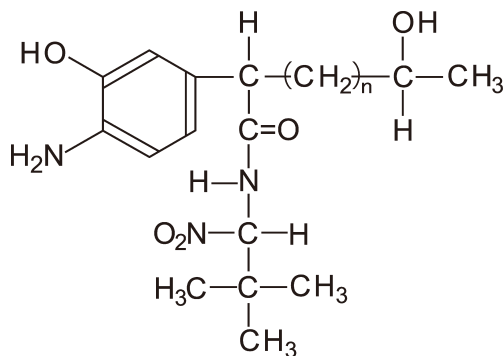
原子量 $H = 1.0$, $C = 12.0$, $N = 14.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$,

$Mg = 24.3$, $Cl = 35.5$

気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

$\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$, $\sqrt{5} = 2.24$

有機化合物を構造式で解答する場合には、次の例を参考にしなさい。



I 次の文章を読み、問1～問5に答えなさい。

ベンゼンの構造を分子内に持つ化合物は一般に(ア)族化合物と呼ばれている。ベンゼンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させると(イ)化により化合物Aが生成する。また、トルエンに濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させると強力な(ウ)性を持つ化合物Bが得られる。同様に化合物Cに濃硝酸と濃硫酸の混合物を作用させることで(エ)色の結晶であるピクリン酸が合成される。

また、化合物Aをニッケルや白金の存在下で水素により還元すると、化合物Dとなる。実験室においては、化合物Aをスズと塩酸を用いて還元すれば化合物Dの塩酸塩を得ることができる。次に、この化合物Dの塩酸塩を含む反応液を水酸化ナトリウム水溶液で塩基性にしたと化合物Dが遊離する。化合物Dを回収する

ためには、反応液をすべて(オ)に移した後、適量のジエチルエーテルを加え、しっかりと上下の栓を閉じ、十分に振り混ぜた後静置すると、二層に分かれるので、エーテル層である(カ)層を回収し、溶媒を蒸発させて化合物 D を得る。

問 1 (ア)～(カ)に入る最も適切な語句を解答欄(ア)～(カ)に答えなさい。

問 2 下線部①の物質の働きを何というか解答欄(i)に答えなさい。また、これらの物質の働きを 15 字以内(句読点を含む)で解答欄(ii)に答えなさい。

問 3 化合物 A～C の物質名を解答欄(A)～(C)に、それらの構造式を解答欄(a)～(c)にそれぞれ答えなさい。

問 4 化合物 D の生成を確認するために用いられる水溶液名、および化合物 D が存在する時には何色に呈色するか。それぞれ解答欄(i), (ii)に答えなさい。

問 5 下線部②を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

Ⅱ 次の文章を読み、問 1 ～問 6 に答えなさい。

古代より文明の発達した地域には淡水の存在が不可欠であった。しかし、現代においては淡水に乏しかった地域にも淡水の供給が可能となっている。

淡水を得る方法としては、塩水から水を一度気化させた後に再度液化させて回収する(ア)法、特殊な樹脂等を利用して溶解している塩等を吸着させて取り除く(イ)法等が用いられてきた。近年では、これらに替わり非常に精細な孔径を持つ半透膜を用いた(ウ)法が広く用いられている。この方法では、水の分子よりも小さいと思われるリチウムイオン(Li^+)も有効に除去できる。これは水溶液中の Li^+ のまわりに(エ)が多く結合しており、その大きさが単なる水の分子よりも大きくなるためと考えられている。そのため現在、実際に海水から最も除去しにくい元素は、主にホウ酸として存在しているホウ素と言われている。

問 1 (ア)～(エ)に入る最も適切な語句を解答欄(ア)～(エ)に答えなさい。

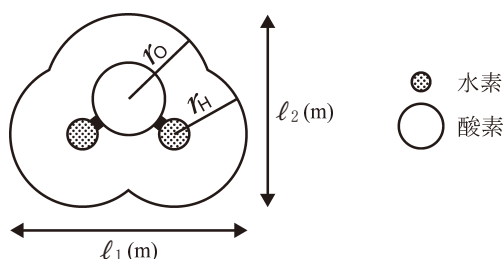
問 2 海水に含まれる主要なイオンの濃度を分析したところ、以下の表に示すデータが得られた。これらをもとに 27°C におけるこの海水の浸透圧を求めると何 hPa になるか、解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。なお、使用する半透膜はこれらのイオンを通過させることはない。また、表では微量イオン等は省略してあるが、これらの浸透圧への影響は無視できるものとする。

イオン	濃度 (mg/L)
ナトリウムイオン	1.15×10^4
マグネシウムイオン	1.22×10^3
塩化物イオン	2.13×10^4

問 3 下線部①について、気圧 1013 hPa の下で 27°C 、 $9.00 \times 10^2 \text{ g}$ の水を加熱して、完全に気化するために必要な熱量は何 kJ か。水の蒸発熱を 40.5 kJ/mol 、水の比熱を $4.22 \text{ J/(g}\cdot\text{K)}$ として求め、解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。ただし、沸点に至るまでの間の加温中に蒸発は起こらず、加えた熱量はすべて水の温度上昇および状態変化に使われたものとする。

問 4 下線部②について、水のみを取り出すには水の分子が通り抜ける大きさの孔径を持つ半透膜が必要である。そこで以下のように水の分子の大きさを算出した。文章中の(ア)、(イ)にあてはまる数値をそれぞれ解答欄(ア)、(イ)に有効数字 3 桁で答えなさい。

下図は、ファンデルワールス力がおよぶ空間(ファンデルワールス半径)を考慮した水分子の模式図である。水素原子のファンデルワールス半径(r_{H})は $1.20 \times 10^{-10} \text{ m}$ 、酸素原子のファンデルワールス半径(r_{O})は $1.40 \times 10^{-10} \text{ m}$ であり、水素原子と酸素原子の中心間の距離は、 $9.58 \times 10^{-11} \text{ m}$ である。この時、 $\text{H}-\text{O}-\text{H}$ の結合角を 120° とすると ℓ_1 、 ℓ_2 の値はそれぞれ(ア) m、(イ) m と算出される。



問 5 下線部②で用いられる膜の多くは、登山用ロープや防弾チョッキなどにも使われている強度や弾力性、耐熱性に極めて優れた合成高分子で作られている。この合成繊維の名称を解答欄(i)に、また *p*-フェニレンジアミンとテレフタル酸ジクロリドから合成されたこの繊維の構造式を解答欄(ii)にそれぞれ答えなさい。ただし、重合度は n としなさい。

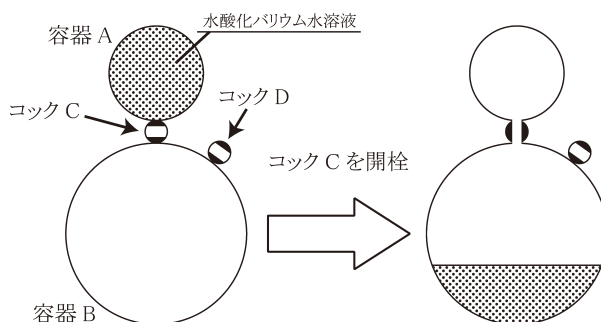
問 6 下線部③について、化学式 $\text{B}(\text{OH})_3$ で表されるホウ酸分子を、水素の電子を●、ホウ素の電子を×、酸素の電子を△とした電子式で表しなさい。

Ⅲ 次の文章を読み、問 1 ～問 6 に答えなさい。

いま、 1.00×10^{-2} mol/L の水酸化バリウム水溶液 1.40 L で満たされた密閉容器 A と、酸素のみが入った 10.0 L の密閉容器 B が閉じたコック (活栓) C を介して連結している (下図参照)。この状態で容器 B 内の圧力を測定したところ、27 °C で 1100 hPa であった。

続いて、容器 B にコック D から 27 °C、2493 hPa で 900 mL の体積を占める水素、エチレン、プロパンからなる混合気体^①を注入し、コック D を閉じた。混合気体を容器内で完全に燃焼させた後、コック C を開いて連結容器を十分に振とうしたところ、水溶液中に白色沈殿が生じた。この容器の温度を 27 °C に戻し、容器内を確認したところ、^②気体部分には酸素と水蒸気のみが存在し、その圧力は 1016 hPa であった。次に、容器内の懸濁液を取り出し、白色沈殿をろ過により完全に取り除いた後、^③そのろ液 10.00 mL を 1.40×10^{-2} mol/L の塩酸で中和滴定したところ 12.00 mL を要した。

ただし、全ての気体は理想気体として振る舞うものとし、27 °C におけるこの容器内での水の飽和水蒸気圧は 36 hPa とする。また、混合気体の各成分および酸素の水に対する溶解度、燃焼により生成した水および白色沈殿の生成による水溶液の体積変化、容器 A と容器 B の連結部分の容積は無視できるものとする。



問 1 下線部①について、混合気体中の全物質質量は何 mol か。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 2 下線部②について，白色沈殿の生じた反応を化学反応式で解答欄に答えなさい。

問 3 下線部③について，ろ液中の水酸化バリウム濃度は何 mol/L か。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 4 下線部②について，反応によって消費された水酸化バリウムの物質量は何 mol か。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 5 混合気体の完全燃焼によって消費された酸素の物質量は何 mol か。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 6 下線部①の混合気体におけるエチレンの分圧は何 hPa か。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

IV 以下の問 1 ～問 4 に答えなさい。

問 1 (a)～(c)の操作によって最終的に得られる、主となる有機化合物を示性式で答えなさい。ただし、生成物が無い場合は「×」と記入しなさい。

(a) 2,4-ペンタンジオールに、単体のナトリウムを加えたとき

(b) エタノールに、濃硫酸を加えて 170 °C で熱したとき

(c) 1,4-ブタンジオールに、二クロム酸ナトリウムの酸性溶液を加えたとき

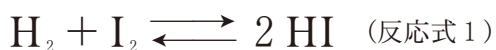
問 2 胃酸(主成分：塩酸)を中和する制酸剤には、主成分として炭酸水素カリウムが用いられているものがある。これが制酸剤として作用する際の化学反応を解答欄にイオン反応式で答えなさい。

問 3 1 価の陽イオンと 1 価の陰イオンからなる塩がある。この塩 0.283 g を水に溶解後 1 L とした水溶液の浸透圧を測定すると、27 °C で 83.1 hPa であった。また、同じ塩の飽和水溶液を調製し、その 10 mL をホールピペットではかりとり、メスフラスコで 100 mL になるように水で希釈した。この水溶液の凝固点を測定したところ、同条件で測定した水の凝固点より 4.44 K 低かった。以下の(i), (ii)について、それぞれ解答欄(i), (ii)に答えなさい。ただし、水のモル凝固点降下を $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とし、溶解した塩は全て電離するものとする。

(i) この塩の分子量を解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

(ii) 27 °C におけるこの塩の溶解度はいくらか。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。

問 4 容積を変えることができる容器に水素とヨウ素を 3.00 mol ずつ入れると、両者は容易に反応し、一定の温度条件下でやがて平衡状態となった(反応式 1)。この時、容器内にはヨウ化水素が 4.00 mol 存在していた。以下の(i)~(iii)について、解答欄の(i)~(iii)に答えなさい。



- (i) この温度における可逆反応の平衡定数を解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。
- (ii) 同型の別の容器に、水素 2.00 mol とヨウ素 1.00 mol を加えた後、同じ温度に保つと、平衡時には何 mol のヨウ化水素が存在するか。解答欄に有効数字 3 桁で答えなさい。
- (iii) 温度一定のまま、容積を減少させ容器内の圧力を元の 3 倍にした。このとき、平衡は反応式 1 のどちら向きに移動するか。以下から適切なものを選び、(a)~(c)の記号で解答欄に答えなさい。
- (a) 右向き (b) 左向き (c) 移動しない

生 物 (後期)

I 次の(1)~(8)の問に答えなさい。ただし、複数回答で順番を問題にしていない場合は、アルファベット順に並べなさい。該当するものがない場合は、「該当なし」を選びなさい。

(1) 一塩基の置換によって終止コドン(UAG)を生み出すコドンは何種類存在するか答えなさい。

(2) 中胚葉に由来するものをすべて選び記号で書きなさい。

- | | | |
|---------|--------|-------|
| A 網 膜 | B 脊 髄 | C 脊 索 |
| D 皮膚の真皮 | E 脊椎の骨 | F 腎 臓 |
| G 気管の上皮 | H 該当なし | |

(3) 誤っているものをすべて選び記号で書きなさい。

- A DNA の塩基配列の変異は、自然選択に対してほとんどすべてが不利にはたらく。
- B 遺伝的浮動は進化の要因の1つである。
- C ダーウィンは自然選択説を唱えた。
- D 一塩基多型は進化の要因にはならない。
- E マラソンをする親の肺活量とその子供の肺活量は相関がある。
- F 該当なし。

- (4) ABO 式の血液型に関して、誤っているものをすべて選び記号で書きなさい。
- A ABO 式の血液型は、白血球の表面にある糖鎖構造の違いによる。
 - B A 型の母親から A 型の子供が生まれた時、父親の遺伝子型は 4 通りの可能性がある。
 - C B 型の血清と O 型の赤血球を混ぜると凝集は起こらない。
 - D A 型の父親と B 型の母親から O 型の子供は生まれない。
 - E 異なる血液型の血液を混ぜた時の凝集反応において、凝集原は抗体である。
 - F 該当なし。
- (5) 酵素反応であるものをすべて選びなさい。
- A 抗体遺伝子の転写
 - B 抗原抗体反応
 - C ヘモグロビンによる酸素の運搬と解離
 - D 酸素呼吸による ATP 合成の最終反応
 - E PCR の 1 つのサイクル中の最初の反応
 - F PCR の 1 つのサイクル中の最後の反応
 - G 該当なし
- (6) ヒトのヘルパー T 細胞の性質や働きではないものをすべて選びなさい。
- A HIV 感染の標的となる。
 - B 樹状細胞からの抗原提示によって活性化される。
 - C 自然免疫系の構成要素である。
 - D ウイルスが感染した細胞を直接攻撃する。
 - E B 細胞を活性化する。
 - F 該当なし。
- (7) 転写が起こるために必要なものをすべて選びなさい。
- A RNA 合成酵素
 - B tRNA
 - C プライマー
 - D プロモーター
 - E リプレッサー
 - F リボソーム
 - G 該当なし

(8) クエン酸回路にあてはまらないものをすべて選びなさい。

- A ミトコンドリアで起こる反応である。
- B ピルビン酸がオキサロ酢酸と反応して反応が始まる。
- C 反応が進むと補酵素が還元される。
- D クエン酸からコハク酸までの反応で炭素数が2個減る。
- E 酸素が取り込まれて二酸化炭素が排出される。
- F 細胞質で起こる反応である。
- G 該当なし。

Ⅱ 細胞分画法と細胞接着構造の分離についての以下の文を読み、問 1 ～問 9 に答えなさい。

放射性同位元素 ^{35}S で標識したアミノ酸と ^3H で標識したチミンを含むヌクレオチドを取り込ませたネズミの肝臓の細胞を用いて細胞分画法を試みた(図)。まず、肝臓の組織を緩衝液中ですり潰し、フィルターを通して大きな組織片を除いた懸濁液 100 mL を得たが、この液の中には 7 g のタンパク質が含まれていた。次にその懸濁液を低速で遠心分離して沈殿(沈殿 1)と上澄み(上澄み 1)に分けた。沈殿 1 には懸濁液に含まれていた全タンパク質の 70 % が含まれ、上澄み 1 には 30 % が含まれていた。沈殿 1 を緩衝液に懸濁したものを 20 mL にし、ショ糖密度勾配遠心法という方法により肝臓の細胞の間にある細かい胆管および細胞接着部位を多く含む膜を取り出すことに成功した(画分 1)。この画分 1 には沈殿 1 に含まれる全タンパク質の 3 % が含まれていた。次に画分 1 を界面活性剤で抽出したものを 10 mL にし、再度ショ糖密度勾配遠心をした結果、細胞接着構造を多く含む 1 mL の画分 3 が得られた。この画分 3 には画分 1 の全タンパク質の 4 % が含まれていた。一方、上澄み 1 を中速で遠心分離し、沈殿(沈殿 2)と上澄み(上澄み 2)に分けた。つづいて上澄み 2 を高速で遠心分離し沈殿(沈殿 3)と上澄み(上澄み 3)に分けた。すべての操作は 4℃ で行った。なお、ここでは標識化合物は分解されないものとし、重合反応以外では標識化合物が他の物質に取り込まれることはないものとする。

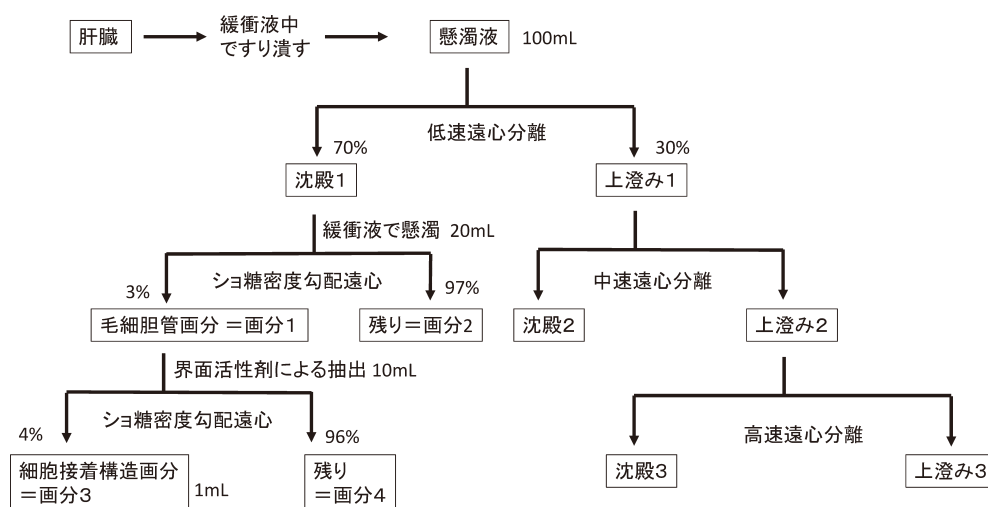


図 細胞分画および細胞接着構造の分離の手順
(%については問題文を参照)

問 1 沈殿 1 には、 ^3H が非常に多く含まれていた。この沈殿の中で ^3H を多く含む細胞小器官で起こっていないものはどれか、すべて選びなさい。

- A 転写 B 翻訳 C 細胞内消化
- D スプライシング E タンパク質の分泌

問 2 問 1 の細胞小器官の中で ^3H を含む物質が巻き付いているタンパク質の名称を答えなさい。

問 3 沈殿 2 に含まれる細胞小器官も少量の ^3H を含んでいた。沈殿 1 からの混入でないことがわかっている時、この細胞小器官にあてはまる特徴をすべて選びなさい。

- A 分裂する。 B 二酸化炭素を消費する。
- C 転写をする。 D 微小管を形成する。
- E チラコイド膜をもつ。 F 酸素を消費する。

問 4 沈殿 3 には、ミクロソームとよばれる一重の生体膜でできた小胞が多く含まれていた。これらの小胞は一種類の細胞小器官に由来するものではなく、何種類かの一重の生体膜でできた細胞小器官が壊れてできたものである。それらのいずれの細胞小器官の機能でもないものをすべて選びなさい。

- A ATP の産生
- B 細胞内の不要物や取り込んだ異物の分解
- C スプライシング
- D 細胞外へタンパク質を分泌する小胞の形成
- E 細胞小器官の表面でのタンパク質の翻訳とそのタンパク質の取り込み

問 5 下線部Bに関して、沈殿 3 を緩衝液に懸濁したものを室温に長時間放置したら、4℃で保存したものに比べてそこに含まれる多くの酵素のはたらきが失われた。考えられる理由を一行で書きなさい。

問 6 画分 3 にはいくつかの細胞接着構造が含まれていた。進化における細胞接着の意義について一行で説明しなさい。

問 7 解糖系の酵素が主に含まれているのはどこか、沈殿 1～3、上澄み 3 のの中から 1 つ選んで答えなさい。

問 8 下線部Aに関して、 ^{35}S で標識されるアミノ酸をシステイン以外で 1 つ答えなさい。

問 9 以下の文を読んで、(1)～(2)に答えなさい。

最初の懸濁液 100 mL には非常に多くの種類のタンパク質が含まれており、その中のあるタンパク質 A の量は、懸濁液中の全タンパク質の重量の $1/2000$ であった。一方、1 mL の画分 3 には 10 種類のタンパク質が検出できた。そのうちタンパク質 A は画分 3 に含まれる全タンパク質の重量の $1/8$ の量であった。

(1) 画分 1 に含まれる全タンパク質の重量(g)を小数点第 3 位を四捨五入して答えなさい。

(2) 最初の懸濁液と画分 3 に含まれるタンパク質 A の重量濃度を比較した時、画分 3 ではタンパク質 A の濃度は何倍になったかを答えなさい。ただし、重量濃度は重さ/体積 = g/L で表されるものとする。また、小数点以下は四捨五入しなさい。

Ⅲ 遺伝についての下記の文章を読み、以下の問 1 ～問 6 に答えなさい。

親から子への遺伝子の伝達により、親の形質の一部は子へと遺伝する。遺伝の仕組^(ア)みについては、メンデルが最初に遺伝の法則を明らかにした。^(イ)

ある種の犬の毛色には、黒色、茶色、黄色の 3 種類がある。毛色の色素には黒色と茶色があり、いずれの色素も持たない場合が黄色となる。毛色の決定に関わる遺伝子座は B 遺伝子座と E 遺伝子座の 2 つがあり、それぞれ B と b、E と e の対立遺伝子が存在する。これら 2 つの遺伝子座は別々の常染色体上に存在し、遺伝の様式はメンデルの法則に従うことが知られている。B 遺伝子座の対立遺伝子 B は毛色を黒色にする優性遺伝子であり、b は茶色にする劣性遺伝子である。一方で、E 遺伝子座の対立遺伝子の組み合わせが EE または Ee の時には、B 遺伝子座の遺伝子型がそのまま表現型となる。しかし、E 遺伝子座が ee の場合は、B 遺伝子座の遺伝子のはたらきを隠してしまう。

問 1 下線部(ア)について、(1)一方の親の常染色体上のすべての遺伝子と子の常染色体上のすべての遺伝子は平均して何%が共有されていると考えられるか答えなさい。ただし、両親のすべての遺伝子座について、対立遺伝子はすべて異なるものとする。(2)同様に、同じ両親から生まれた兄と妹の間では、常染色体上のすべての遺伝子のうち平均して何%の遺伝子が共有されていると考えられるか答えなさい。

問 2 下線部(イ)について、メンデルの遺伝の法則と矛盾しない文をすべて選びなさい。

- 1 2 つの対立遺伝子は、別々の生殖細胞に入る。
- 2 対立遺伝子の働きによって、それぞれ単独の形質の中間の形質が現れる。
- 3 2 つの対立遺伝子のうち優性の遺伝子が優先的に子に伝わる。
- 4 優性の遺伝子は、劣性の遺伝子よりも働きが優れている。
- 5 異なる染色体上の対立遺伝子は独立に分配される。
- 6 子は必ず母親と同じ遺伝子型になる。

問 3 遺伝子型が BbEE の雄犬の毛色を答えなさい。

問 4 遺伝子型が BBEE の雄犬と bbee の雌犬から生まれる子犬のうち、雌の犬の毛色を答えなさい。

問 5 遺伝子型が BBee の雄犬と bbEE の雌犬から生まれる子犬(F1)の雄と雌をかけあわせた場合、それらの子犬(F2)の色の割合がいくらになるかを茶色：黄色：黒色の比で答えなさい。

問 6 このような形式の遺伝がおこる場合、B 遺伝子と E 遺伝子がそれぞれのような遺伝子であると説明が可能か、以下の選択肢の中から最も適切だと考えられるものを 1 つ選び、番号で答えなさい。

- 1 B 遺伝子と E 遺伝子はそれぞれ黒色と茶色の色素を合成する遺伝子である。
- 2 B 遺伝子は色素を合成する遺伝子であり、E 遺伝子は色素を分解する遺伝子である。
- 3 B 遺伝子は色素を分解する遺伝子であり、E 遺伝子は色素を合成する遺伝子である。
- 4 B 遺伝子は色素を毛に沈着させる遺伝子であり、E 遺伝子は色素を合成する遺伝子である。
- 5 B 遺伝子は色素を合成する遺伝子であり、E 遺伝子は色素を毛に沈着させる遺伝子である。

Ⅳ 探求活動についての下記の文章を読み、以下の問 1 ～問 7 に答えなさい。

観察や実験などを行う探求活動は、生物学をはじめ自然科学の様々な分野で重要である。探究活動は、下の図のような流れで行われる。

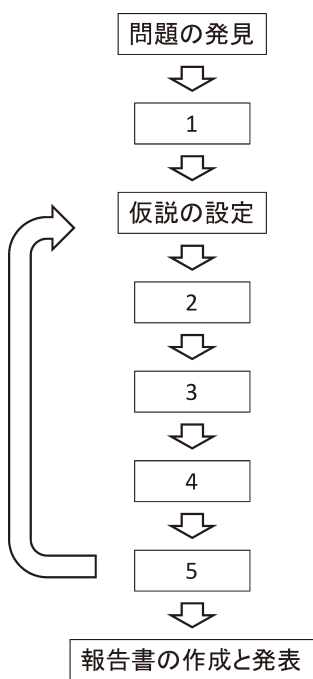


図 探究活動の流れ

問 1 図の ～ に入る最も適当なものを選び、 から順番に記号を並べなさい。

- | | | |
|----------|------------|-------------|
| A 観察や実験 | B 考察と仮説の検証 | C 予備調査や情報収集 |
| D 結果のまとめ | E 実験計画の立案 | |

問 2 以下の文で誤っているものをすべて選び記号で書きなさい。

- A 仮説の設定では目的にあっていることや検証可能であることが大切である。
- B 実験の結果には再現性があることが大切である。
- C 実験の結果が仮説に合わない場合には、新たな仮説を立てるべきではない。
- D 実験では対照実験をすることが大切である。
- E 実験の結果は自分の仮説にあったものを選ぶことが大切である。

問 3 ある動物の遺伝子 A についての探求活動の過程で、「遺伝子 A には細胞分裂を促進する作用がある。」という仮説が浮かび上がった。この仮説を検証するために、この動物の培養した細胞を用いた以下の実験のうちどの実験計画が有効であると考えられるか、より適切な実験を 3 つ選び記号で書きなさい。

- A 正常に分裂する細胞で遺伝子 A の機能を阻害して、細胞分裂が阻害されるかどうかを調べる。
- B 分裂が促進された細胞の培養液に分裂を阻害する薬剤を加えてみて、細胞分裂が阻害されるかどうかを調べる。
- C 正常に分裂する細胞で遺伝子 A の発現量を調べ、細胞の成長との関係を調べる。
- D 正常に分裂する細胞と分裂が促進された細胞において遺伝子 A の発現量を比較し、細胞分裂の速さとの関係を調べる。
- E 正常に分裂する細胞に含まれる遺伝子 A の塩基配列を調べ、細胞分裂の速さとの関係を調べる。
- F 遺伝子 A の転写調節をする遺伝子の塩基配列を調べ、細胞分裂の速さとの関係を調べる。
- G 分裂が遅い細胞に遺伝子 A を導入して発現させ、細胞分裂が速くなるかを調べる。

問 4 下記の 1 ～ 3 にあてはまる語句を書きなさい。ただし、
2 については下の選択肢の中から選び記号で書きなさい。

細胞などの構造を探究する上では、顕微鏡は重要な道具である。顕微鏡を用いて最初に細胞を発見したのは 1 である。現在一般的に用いられる光学顕微鏡の倍率は接眼レンズの倍率と対物レンズの倍率を 2 倍率となる。光学顕微鏡よりもさらに高倍率で観察するためには 3 顕微鏡が用いられ、数万倍まで拡大することができる。

選択肢

(A) 足した (B) 引いた (C) 掛け合わせた (D) 割った

問 5 顕微鏡を用いて、ゾウリムシを生きたまま観察した。ある倍率の対物レンズを用いた時、次の図のように接眼マイクロメーターの両端の目盛が、対物マイクロメーターの両端の目盛に一致した。この条件の時、ゾウリムシは0.5秒間で接眼マイクロメーター18目盛分泳いで移動をした。対物マイクロメーターの1目盛は1mmを100等分しているとする、この時のゾウリムシの泳ぐ速度は時速何メートルになるか、小数点第3位を四捨五入して答えなさい。

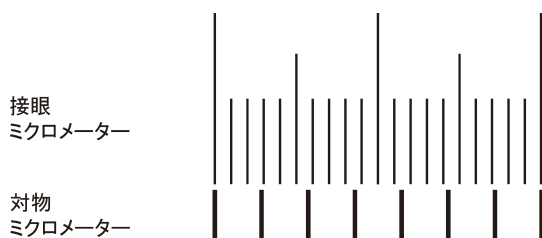


図 ある倍率でのマイクロメーターの目盛の位置

問 6 光学顕微鏡に関する記述で正しいものをすべて選び記号で書きなさい。該当するものがない場合は、「該当なし」を選びなさい。

- A レンズのほこりは洗った指でこすって取り除くのがよい。
- B 最初にピントを合わせる時は、接眼レンズをのぞきながらプレパラートを対物レンズの先端に近づける。
- C 高倍率では低倍率に比べて視野は明るくなる。
- D 最初は低倍率で観察を始めて、必要に応じて高倍率で観察するのがよい。
- E レボルバーにつけた接眼レンズには 10 倍のものがよく使われる。
- F 該当なし。

問 7 正しい記述をすべて選び記号で書きなさい。該当するものがない場合は、「該当なし」を選びなさい。

- A 酢酸オルセインにより、核は青く染まる。
- B ミトコンドリアは光学顕微鏡の分解能 100 nm よりも大きい。
- C インフルエンザウイルスの観察には光学顕微鏡が適している。
- D 光学顕微鏡で得られる画像は通常白黒である。
- E ゾウリムシは肉眼の分解能 100 μm よりも大きい。
- F 該当なし。

V ウニの発生についての下記の文を読み、問1～問5に答えなさい。

ウニでは発生が進み胞胚期を過ぎると植物極側の割球(細胞)が胞胚腔に遊離し始め一次間充織となる。一次間充織は最初ができる A で、後の B になる。続いて細胞の層が陥入し C となる。 C の入りを D という。 C の先端の細胞が胚の内部に遊離して二次間充織となり、のちに E などをつくる細胞となる。 C は将来 F となり、 D は G となる。 C の先端が H と接すると、そこには I が形成される。

問1 文中の A ～ I にあてはまる適切な語句を選択肢の中から選び番号で書きなさい。ただし、同じ語句は選べないものとする。

< 選択肢 >

- | | | | | |
|--------|--------|-------|-------|-------|
| 1 内胚葉 | 2 中胚葉 | 3 外胚葉 | 4 卵割腔 | 5 卵黄栓 |
| 6 原腸 | 7 繊毛 | 8 骨片 | 9 筋肉 | 10 脊索 |
| 11 消化管 | 12 生殖口 | 13 肛門 | 14 原口 | 15 口 |

問2 下線部のような発生をする動物をすべて選び番号で書きなさい。

- | | | |
|-------|------------|-------|
| 1 ホヤ | 2 ショウジョウバエ | 3 ナマコ |
| 4 ゴカイ | 5 ウミウシ | |

問3 ウニ胚がふ化するのはいつか正しいものを1つ選び番号で書きなさい。

- | | | |
|------------|-----------|--------|
| 1 桑実胚期 | 2 胞胚期 | 3 原腸胚期 |
| 4 プルテウス幼生期 | 5 プリズム幼生期 | |

問 4 ウニの卵割の特徴で正しい文を 1 つ選び番号で書きなさい。

- 1 卵割は、経割、緯割を交互に繰り返す。
- 2 卵割が進むと細胞周期が徐々に短くなる。
- 3 初期発生では割球の大きさはほとんど変化しないので、 n 回の卵割で胚の大きさはほぼ 2^n 倍になる。
- 4 卵は体細胞より大きいが、卵割期の細胞周期は体細胞分裂に比べると短い。
- 5 卵は栄養素を多く含むので、卵割期の細胞周期は非常に長い。

問 5 ウニの割球の分離実験に関する下記の文を読み(1)~(3)の問に答えなさい。

ウニでは 4 細胞期までの割球を 1 つずつに分離しても、小型ではあるが正常なプルテウス幼生になる。その後、2 回の卵割を経て、動物極から順に中割球、大割球、小割球が形成される。これらの割球を単独であるいは組み合わせて発生させたとこ、次のような結果が得られた。

- A) 中割球のみを培養すると永久胞胚になった。
- B) 小割球のみを培養すると骨片になった。
- C) 中割球と小割球を組み合わせて発生させると小型だが正常な幼生になった。

(1) A) の永久胞胚を構成する細胞は、どの胚葉に由来する細胞か選び番号で書きなさい。

- | | | |
|-----------|-----------|-----------|
| 1 内胚葉 | 2 中胚葉 | 3 外胚葉 |
| 4 内胚葉と外胚葉 | 5 内胚葉と中胚葉 | 6 中胚葉と外胚葉 |

(2) 正常な 16 細胞期胚の動物極に、他の胚由来の小割球を移植して培養した場合、どのようなことがおこると推測されるか、正しい文を 1 つ選び番号で書きなさい。

- 1 正常な 2 つの幼生になる。
- 2 移植した小割球が移植先の中割球にはたらきかけ、内胚葉を誘導する。
- 3 本来の原腸胚の表皮部分に、移植した小割球由来の骨片が付加された胚が生じる。
- 4 移植片は移植先の胚に吸収されるため影響はなく、正常な原腸胚が生じる。

(3) 卵割初期の胚について正しい文を 1 つ選び番号で書きなさい。

- 1 第 3 卵割で生じた 8 個の割球は、ばらばらにした場合、各々正常に発生して小型で正常なプルテウス幼生になる。
- 2 第 2 卵割面で 2 分すると、各々が小型で正常なプルテウス幼生になる。
- 3 第 2 卵割面で 2 分すると、そのうちの一方が小型で不完全なプルテウス幼生になり、もう一方は小型で正常なプルテウス幼生になる。
- 4 第 3 卵割面で 2 分すると、各々が小型で正常なプルテウス幼生になる。
- 5 第 3 卵割面で 2 分すると、そのうちの一方が小型で不完全なプルテウス幼生になり、もう一方は小型で正常なプルテウス幼生になる。

出典：

生物：

大問 V は 2010 年度 順天堂大学 医学部 問 2 を改変。