

令和 6 年度一般選抜試験(後期)

# 理 科 ( 問 題 )

## 注 意

- 1) 理科の問題冊子は全部で 36 ページあり，問題数は，物理 4 問，化学 4 問，生物 4 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わ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 図1のように、水平な床上に置かれた発射台から小球Pを打ち出し、発射台から $L$ 離れ、床からの高さが $H$ である天井から落下する小球Qにあてたい。発射台では、小球Pの打ち出し速度 $v_0$ と角度 $\theta$ を変えられることができる。小球Qの運動は発射台と連動しており、発射台から小球Pが打ち出された瞬間、小球Qは静かに落下する。重力加速度の大きさを $g$ として、以下の問に答えよ。天井は水平で、小球は非常に小さく、空気抵抗の影響は無視できるとする。途中の考え方も示せ。

問 1 小球Qが床に到達する前に小球Pをあてるための $\theta$ の条件を答えよ。

問 2 小球Pが最高到達点に達した瞬間に小球Qにあてるための $v_0$ を、 $\theta$ を用いずに答えよ。また、小球Qにあたった瞬間の小球Pの床からの高さはいくらか。

問 3 小球Qが床に到達した瞬間に小球Pをあてるための $v_0$ を、 $\theta$ を用いずに答えよ。また、このときの小球Pの最高到達点での床からの高さはいくらか。

図2のように、天井に透明な板を取り付けた。この板には小球Qが通過できる位置に小さな穴が開いており、水平を保ったまま鉛直方向に移動することができる。

透明な板を天井から $h$ 下げた。発射台から小球Pを打ち出し、小球Pを透明な板にあてることなく、小球Qにあてたい。

問 4 小球Pが最高到達点に達する前に小球Qにあてるための $v_0$ と $h$ の条件を、 $\theta$ を用いずにそれぞれ求めよ。

問 5 小球Pが最高到達点に達した後に小球Qにあてるための $v_0$ と $h$ の条件を、 $\theta$ を用いずにそれぞれ求めよ。

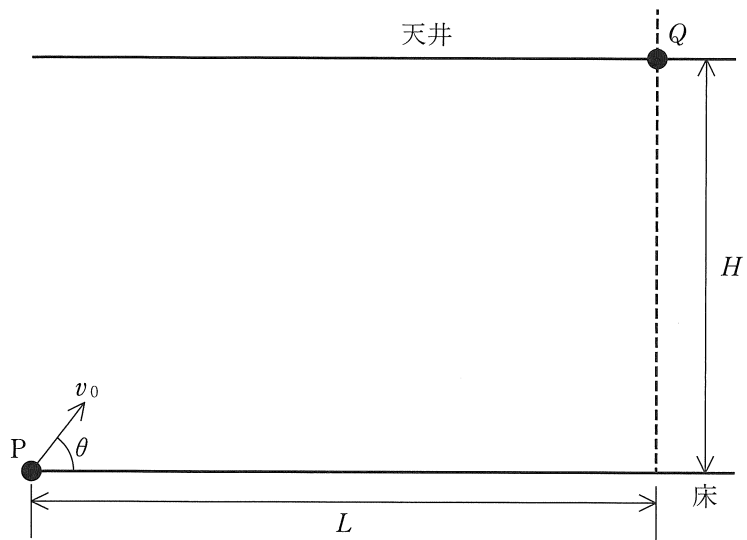


图 1

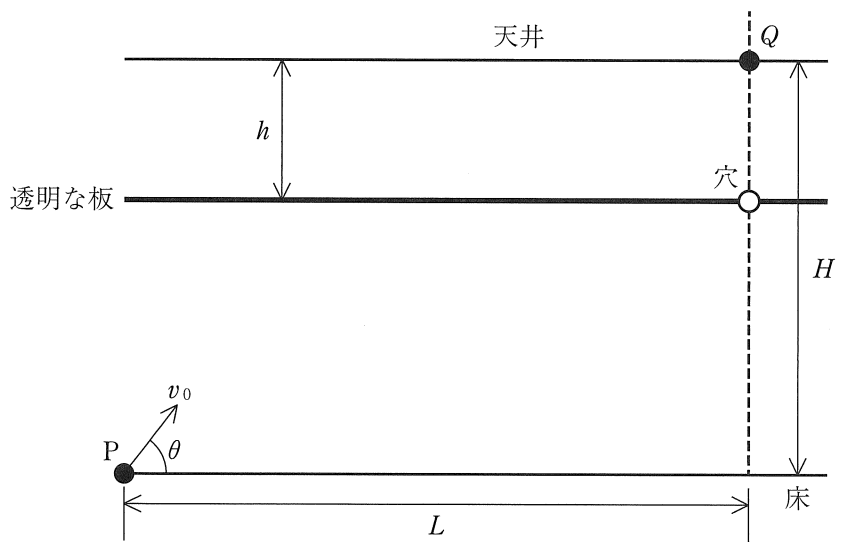


图 2

II 図1のように、真空中に半径  $r$  の導体球 A を置いた。真空中のクーロンの法則の比例定数を  $k$  として、以下の問に答えよ。図示に際しては、直線と曲線は明確に区別して描き、補助線を描くときは点線を用いること。

導体球 A に、ある電気量を一様に与えたとき、導体球 A の中心 C から距離  $x$  ( $x \geq r$ ) 離れた球面を貫く電気力線の本数は、中心 C 上に同じ電気量を持った点電荷を置いた時、点電荷から球面を貫く電気力線の本数と同じである。

問 1 導体球 A に  $Q (> 0)$  の電気量を与えたとき、中心 C から距離  $x$  離れた球面を貫く電気力線の数  $N$  と電界(電場)の強さ  $E$  を、次の場合についてそれぞれ求めよ。

i)  $x \geq r$

ii)  $0 \leq x < r$

次に、図2のように、導体球 A の周りを内径  $R_1$ 、外径  $R_2$  ( $R_2 > R_1 > r$ ) の帯電していない中空導体球 B で覆った。中空導体球 B の中心は中心 C と一致している。

問 2  $r : R_1 : R_2 = 2 : 3 : 6$  のとき、電界の強さ  $E$  を、中心 C からの距離  $x$  に対し実線で図示せよ。また、導体球 A の中心での  $E$  の値  $E_0$ 、導体球 A の表面上での  $E$  の値  $E_r$ 、中空導体球 B の内側の表面上での  $E$  の値  $E_{R_1}$ 、外側の表面上での  $E$  の値  $E_{R_2}$  を、それぞれ  $R_1$  と  $R_2$  を用いずに求めよ。

次に、図3のように、中空導体球 B だけを接地した。

問 3  $r : R_1 : R_2 = 2 : 3 : 6$  のとき、電界の強さ  $E$  を、中心 C からの距離  $x$  に対し実線で図示せよ。また、導体球 A の中心での  $E$  の値  $E_0$ 、導体球 A の表面上での  $E$  の値  $E_r$ 、中空導体球 B の内側の表面上での  $E$  の値  $E_{R_1}$ 、外側の表面上での  $E$  の値  $E_{R_2}$  を、それぞれ  $R_1$  と  $R_2$  を用いずに求めよ。

次に、導体球 A と中空導体球 B の電荷を無くした後、接地を外し、中空導体球 B に  $Q(>0)$  の電気量を与えた。

問 4  $r : R_1 : R_2 = 2 : 3 : 6$  のとき、電界の強さ  $E$  を、中心 C からの距離  $x$  に対し実線で図示せよ。また、導体球 A の中心での  $E$  の値  $E_0$ 、導体球 A の表面上での  $E$  の値  $E_r$ 、中空導体球 B の内側の表面上での  $E$  の値  $E_{R_1}$ 、外側の表面上での  $E$  の値  $E_{R_2}$  を、それぞれ  $R_1$  と  $R_2$  を用いずに求めよ。

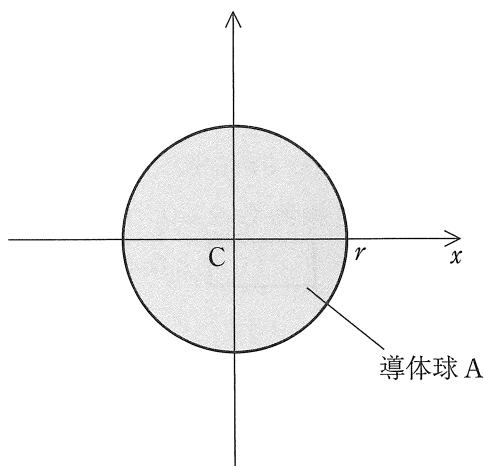


図 1

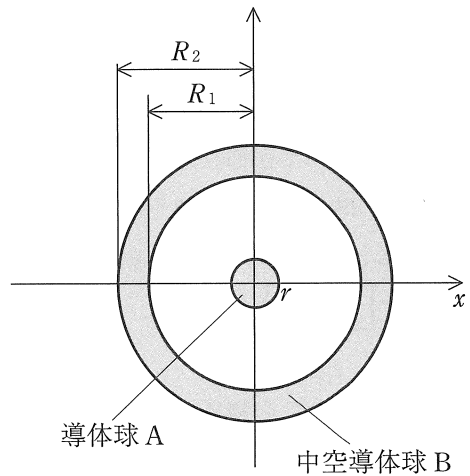


図 2

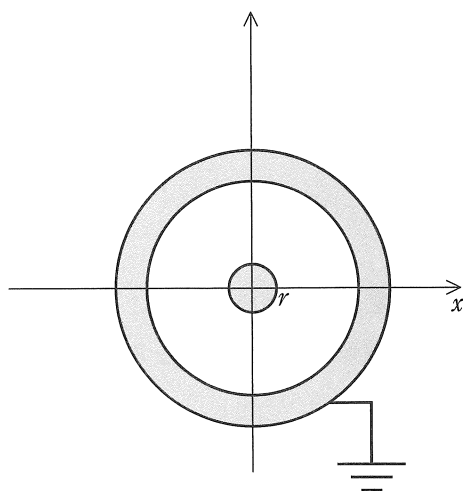


図 3

III 本文を読んで、以下の問に答えよ。

音さは、たたくといつも同じ高さの音がでる。これは、物体が自由に振動できるとき、材質、大きさ、形状などにより決まる振動数で振動するからである。この振動を( A )振動という。物体に、その物体の( A )振動数で周期的に外力を加え続けると、物体の振幅は徐々に大きくなる。この現象を( B )という。この現象をばねに繋がれた物体に周期的な外力を加えるモデルで考える。

図のように、片方の端が壁に取りつけられたばね定数  $k$  のばねが、水平で滑らかな床面上にある。バネのもう片方の端には質量  $m$  の物体が取り付けられている。床面上にバネが伸びる方向を正として  $x$  座標をとり、物体を質点と考え、バネが自然長の時の物体の位置を原点とする。物体を水平に引っ張ってからそっと放すと、物体は床面上で単振動を始める。このときの角振動数を  $\omega$  とすると、 $\omega =$   と表され、周期  $T$  は、 $m$  を用いると  $T =$   となる。

静止したこの物体に  $x$  軸方向に周期的な外力を加えると、物体は  $x$  軸上で一次元の運動をする。時刻  $t=0$  のとき、物体に  $F_0 \sin \omega_0 t$  の外力を加え始めた。時刻  $t$  で  $x(>0)$  に達した物体の加速度を  $a$  とすると、物体の運動方程式は、 $\omega$  を用い、

$$ma = \text{ウ} \quad (1)$$

と表される。この運動方程式を満たす  $x$  は、

$$x = \frac{F_0}{m(\omega^2 - \omega_0^2)} \left( \sin \omega_0 t - \frac{\omega_0}{\omega} \sin \omega t \right) \quad (2)$$

と求まり、 $x$  は角振動数  $\omega_0$  の波と角振動数  $\omega$  の波の合成波であることが分かる。

$\omega_0$  が  $\omega$  に比べじゅうぶん大きい時、 $x$  の概形は( ① )のようになる。

$\omega_0$  を  $\omega$  に近づけていくと、 $x$  の波形に  $\omega_0$  による影響が現れ始める。特に、 $\omega_0$  が  $\omega$  とわずかに異なるとるとき、( C )が現れ、 $x$  の概形は( ② )となる。このとき、(2)式は

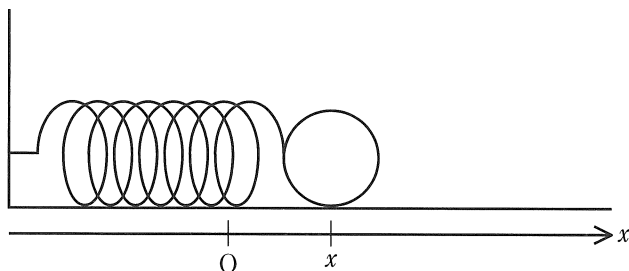
$$\begin{aligned} x &\doteq \frac{F_0}{m(\omega^2 - \omega_0^2)} (\sin \omega_0 t - \sin \omega t) \\ &= \frac{2F_0}{m(\omega^2 - \omega_0^2)} \cos \left( \text{エ} \right) \sin \left( \text{オ} \right) \end{aligned} \quad (3)$$

と近似され、 $x$  は短い周期( $T_1$ )の振動と長い周期( $T_2$ )の振動との積で表される。  
 よって、 $T_1$ は カ ,  $T_2$ は キ として求まり、 $T_2$ は( C )の周期と  
 解釈することができる。

$\omega_0$ と $\omega$ が一致するときは、 $\omega_0 = \omega + \Delta\omega$ とおき、これを(2)式に代入した後、 $\Delta\omega$   
 を限りなく0(ゼロ)に近づけると考えればよい。 $\theta \doteq 0$ のとき、 $\sin \theta = \theta$ 、 $\cos \theta = 1$   
 とする近似を適用すると、(2)式は、

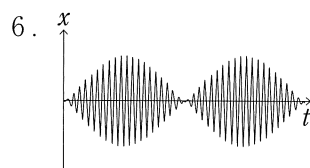
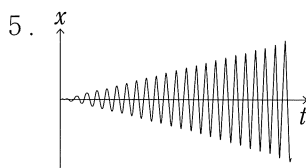
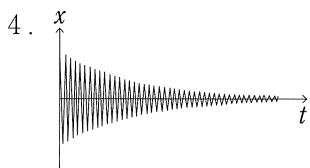
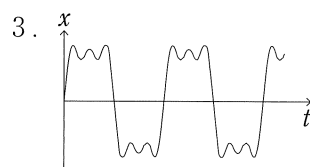
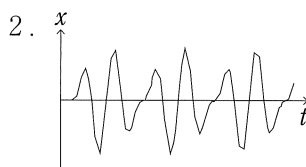
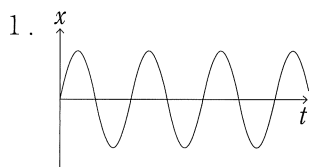
$$x = \frac{F_0}{2m\omega^2} (\sin \omega t - \omega t \cos \omega t) \quad (4)$$

となる。 $x$ の概形は( ③ )のようになり、これが( B )である。



問 1 本文中のアからキの空欄には文字式を、AからCには、空欄に入る適当な言  
 葉を答えよ。

問 2 ①から③に入る最も適当な図を次の選択肢からそれぞれ選び記号で答えよ。



IV 気体の定圧モル比熱  $C_p$  と定積モル比熱  $C_v$  の比を  $\gamma$  とすると、理想気体が断熱変化するときの圧力  $p$  と体積  $V$  には、 $pV^\gamma = \text{一定}$  の関係があることが知られている。 $\gamma$  を求めるため、次のような実験を行った。以下の問に答えよ。空気は理想気体としてふるまい、重力加速度の大きさを  $g$ 、気体定数を  $R$  とする。問 1 以外は、途中の考え方も示せ。

大気中(温度  $T_0$ 、圧力  $p_0$ )に、図 1 のような、熱をよく伝える大きい容器(容積  $V_0$ )を用意した。容器には、2つの小さいバルブ付きの管と水銀(密度  $\rho$ )が入った細い U 字管が接続されている。バルブ 2 はポンプを接続することができる。

初め、容器の全てのバルブを開けて、じゅうぶん時間が経過した後、全てのバルブを閉じた。このとき容器内には物質質量 ア の空気が入っており、この状態を状態 S とする。その後、次の三つの操作を順番に行った。

操作 I バルブ 2 を開け、バルブ 2 に接続したポンプから、外の空気をゆっくりと容器に送り込んだ後バルブ 2 を閉じ、U 字管の水銀柱の高さの差  $h_1$  を読む。

操作 II バルブ 1 を開け、U 字管の水銀柱の高さの差が 0 になった瞬間にバルブ 1 を素早く閉じる。

操作 III じゅうぶん時間が経過した後、U 字管の水銀柱の高さの差  $h_2$  を読む。

操作 I、操作 II および操作 III の各操作直後の、容器内の物質質量 ア の空気の状態をそれぞれ状態 A、状態 B、状態 C とする。S から A の変化は( ① )変化、A から B は( ② )変化、B から C は( ③ )変化であり、各操作による状態変化は図 2 のようになった。

問 1 本文中のアの空欄には文字式を、①から③には、空欄に入る適当な言葉を答えよ。

状態 A、状態 B、状態 C での物質質量 ア の空気の体積をそれぞれ  $V_A$ 、 $V_B$ 、 $V_C$  とする。

問 2  $V_B/V_A$  と  $V_C/V_A$  を、 $h_1$  や  $h_2$  を用いてそれぞれ表せ。

問 3  $\gamma$  が満たす関係式を、 $V_A$ 、 $V_B$ 、 $V_C$  を用いずに表せ。



問 4 各操作による物質量 ア の空気の圧力変化は、大気圧に比べじゅうぶん小さい。  $x$  がじゅうぶん小さいとき、 $\log_e(1+x) \approx x$  が成立する。この近似を用いて空気の  $\gamma$  を求めよ。

問 5  $h_1 = 30.6 \text{ mm}$ ,  $h_2 = 8.4 \text{ mm}$  であった。空気の  $\gamma$  を有効数字 3 桁で答えよ。

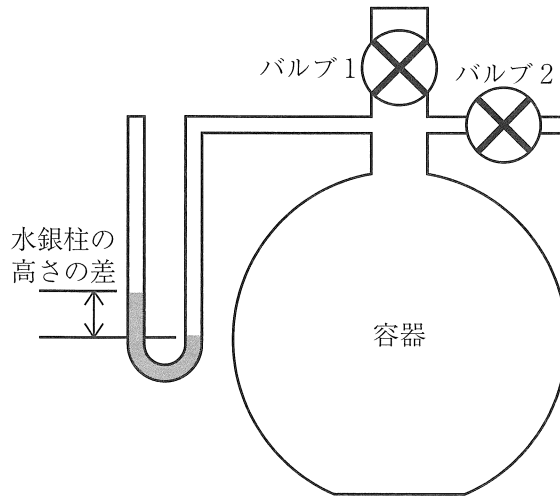


図 1

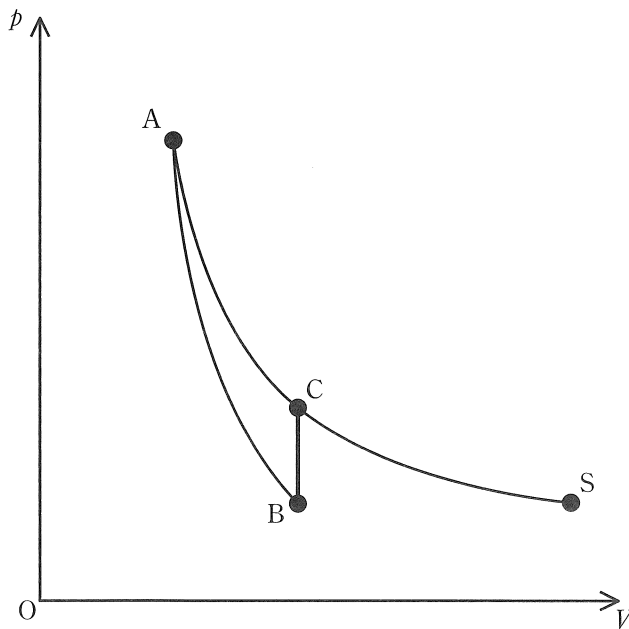


図 2

# 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, I = 127

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

I 以下の【A】、【B】の各文章を読み、問いに答えなさい。

【A】 アボガドロ定数を求める簡易的な方法の一つとして単分子膜法がある。いま、 $0.0355 \text{ g}$  の ステアリン酸 ( $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOH}$ ) をベンゼンに溶かし、メスフラスコを使って  $200 \text{ mL}$  の溶液を調製した。その溶液の一部を水面に滴下して放置すると、ベンゼンが蒸発した後に水面にステアリン酸分子が隙間なく均一に並んだ一層の膜(単分子膜)が生じた(図)。この単分子膜の面積を計測したところ  $25.0 \text{ cm}^2$  であり、その値から見積もったアボガドロ定数は  $6.00 \times 10^{23} / \text{mol}$  であった。

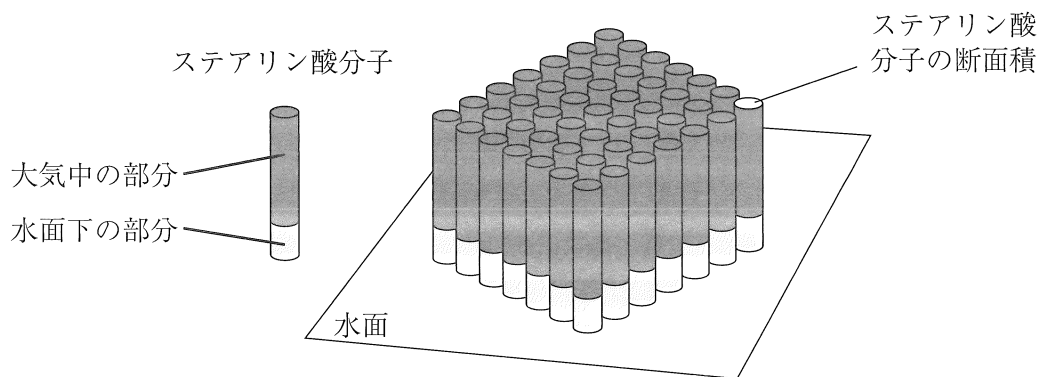


図 ステアリン酸単分子膜のイメージ

問 1 下線部①について、ステアリン酸の特徴として正しい記述を以下の選択肢から全て選び、解答欄に記号で答えなさい。

- a. ベンゼンにも水にもよく溶ける。
- b. 構成脂肪酸がステアリン酸のみからなる油脂は、リノレン酸 ( $C_{17}H_{29}COOH$ )のみからなる油脂と比べて融点が低い。
- c. 炭素原子間の二重結合( $C=C$ )は存在しない。
- d. 加水分解するとグリセリンが得られる。
- e. 水酸化ナトリウムとの塩は界面活性剤として利用できる。

問 2 下線部②で滴下した溶液は何 mL か、有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。  
なお、単分子膜中のステアリン酸 1 分子の断面積は  $2.00 \times 10^{-15} \text{ cm}^2$  とし、ステアリン酸分子間の隙間は無視できるものとする。

問 3 油脂 100 g に付加するヨウ素の質量(g 単位)の数値をヨウ素価という。構成脂肪酸がリノレン酸 ( $C_{17}H_{29}COOH$ )のみからなる油脂のヨウ素価はいくらか、有効数字 3 桁で解答欄に答えなさい。

【B】 セッケンは油脂をけん化して得られるが、いくつかの欠点もある。これを改善するために数々の合成洗剤が開発されており、その一つにアルコール系合成洗剤がある。アルコール系合成洗剤は、高級アルコールと硫酸とのエステルである硫酸水素アルキルを水酸化ナトリウムで中和することで得られる。

問 4 以下の選択肢ア～クから、セッケンの特徴と、アルコール系合成洗剤の特徴をそれぞれ全て選び、解答欄に記号で答えなさい。

- ア. 水溶液は酸性を示す。
- イ. 水溶液は中性を示す。
- ウ. 水溶液はアルカリ性を示す。
- エ. 酸性の水溶液中で洗浄力を失う。
- オ. 中性の水溶液中で洗浄力を失う。
- カ. アルカリ性の水溶液中で洗浄力を失う。
- キ. アルカリ金属のイオンの多い水溶液中で洗浄力を失う。
- ク. アルカリ土類金属のイオンの多い水溶液中で洗浄力を失う。

問 5 高級アルコールと硫酸から硫酸水素アルキルが生成する反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。その際、化学反応式中の有機化合物は全て示性式で表しなさい。なお、高級アルコールは1価のアルコールであり、炭化水素基(アルキル基)については炭素数を  $n$  として一般式の形で表しなさい。



II 以下の【実験Ⅰ】～【実験Ⅲ】の各文章を読み、問いに答えなさい。  
ただし、これらの実験で扱う気体は全て理想気体であるものとする。

【実験Ⅰ】

2種類の気体から1種類の気体が生成する化学反応Aと化学反応Bがある。これら2つの化学反応を、それぞれ密閉容器の中で行った。

いずれの化学反応においても、 $a$  molの気体Xと $b$  molの気体Yを反応させると $c$  molの気体Zが生成し、その際の反応熱を $Q$  kJとすると、熱化学方程式は以下の式1のように表すことができる。



2つの異なる温度条件下( $T_1$ ,  $T_2$ )において、化学反応Aと化学反応Bが平衡状態に達している時、容器内における混合気体の全圧[Pa]と気体Zの濃度[mol/L]の関係は図1と図2のようになった。ただし、 $T_1 > T_2$ とする。

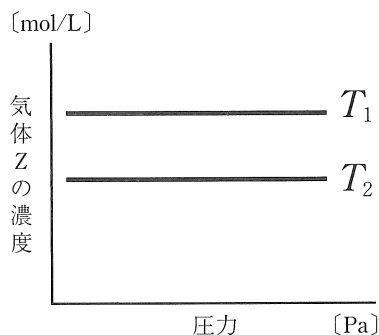


図1 圧力と気体Zの濃度の関係  
(化学反応A)

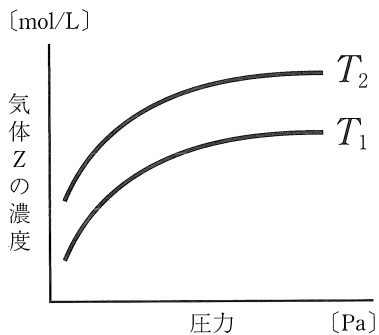


図2 圧力と気体Zの濃度の関係  
(化学反応B)

問1 式1における反応熱 $Q$ は、化学反応Aと化学反応Bにおいて、それぞれどのような値となるか。以下から選び、それぞれ解答欄に記号で答えなさい。

- ア.  $Q < 0$       イ.  $Q = 0$       ウ.  $Q > 0$

問 2 式 1 における各物質の係数  $a$ ,  $b$ ,  $c$  は, 化学反応 A と化学反応 B において, それぞれどのような関係で表されるか。以下から選び, それぞれ解答欄に記号で答えなさい。

ア.  $a + b < c$       イ.  $a + b = c$       ウ.  $a + b > c$

【実験 II】

四酸化二窒素と二酸化窒素は式 2 の化学反応式のように可逆的に反応する。



密閉した体積可変の容器に  $a$  mol の四酸化二窒素を入れると, 温度  $t$  K, 全圧  $1.0 \times 10^5$  Pa で平衡状態に達した。このとき, 容器内には二酸化窒素が  $b$  mol 存在していた。

そこで, 気体定数を  $R$  Pa·L/(mol·K) として, 式 2 における濃度平衡定数  $K_c$  を見積もると, 式 3 となった。

$$K_c = \frac{\boxed{\text{ア}}}{(\boxed{\text{イ}} - b^2) \times R \times t} \times 10^{\boxed{\text{ウ}}} \quad \boxed{\text{エ}} \quad (\text{式 3})$$

問 3 式 3 の  $\boxed{\text{ア}}$  ~  $\boxed{\text{ウ}}$  に入る最も簡単な文字式または数値を,  $\boxed{\text{エ}}$  に入る最も適切な単位を, それぞれ解答欄ア~エに答えなさい。

### 【実験Ⅲ】

図3のように温度と圧力、および容積可変の容器があり、水(液体) 1.80 gが入っている。また、図4は、開始時の液面の高さを 0 cmとしてゆっくりとピストンを引き上げた時のピストンの移動距離[cm]と容器内部の圧力[Pa]の関係を表している。

この実験において、容器内部の温度は一定(27℃)であり、水(液体)の密度は  $1.00 \text{ g/cm}^3$ 、水の飽和蒸気圧は  $3.60 \times 10^3 \text{ Pa}$  とする。

問4 図4の点Dでは容器の水が入っている部分の体積は実験開始時の何倍になったか。有効数字3桁で解答欄に答えなさい。なお、容器は十分な高さがあり、ピストンの移動距離の制限要因にならないものとする。

問5 図4の点Dよりもピストンの移動距離が長くなった状態において、容器内部の底面とピストン下面との距離を  $L$ 、容器内部の圧力を  $P$  とした時の  $P$  と  $L$  との最も適切な関係を14字以内(句読点を含む)の簡潔な文で解答欄に答えなさい。

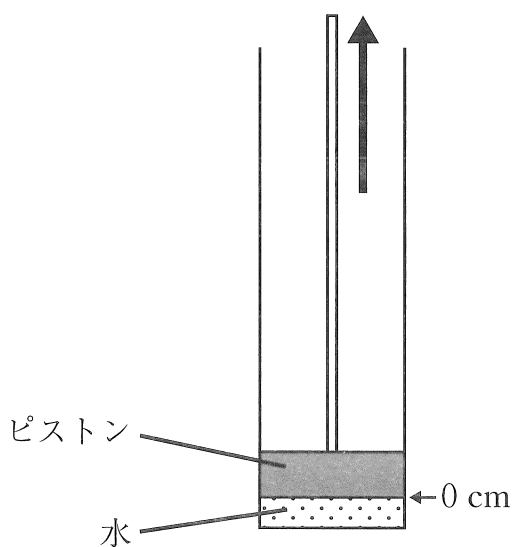


図3 容積可変の容器

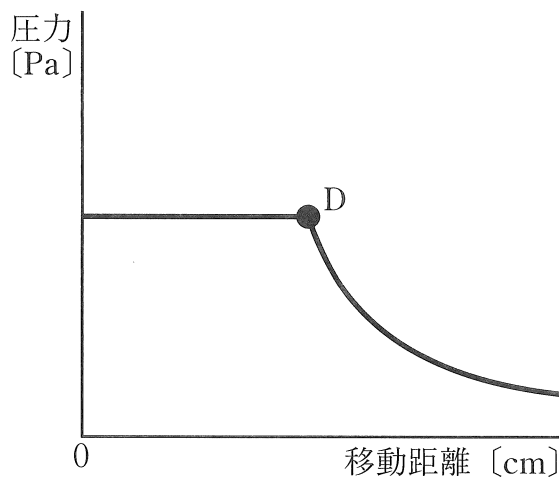


図4 ピストンの移動距離と圧力の関係





Ⅲ 以下の問いに答えなさい。

問 1 濃硫酸に関する以下の文のうち、正しいものを全て選び、その記号を解答欄に答えなさい。

- ア. ガラスを溶かすので、保存するときはポリエチレン製の容器に入れる。
- イ. 粘性が大きい液体である。
- ウ. 約 16℃で凝固するので、氷硫酸とも呼ばれる。
- エ. 熱濃硫酸は酸化力が強く、銅を溶解する。
- オ. 希硫酸を調製するときは、冷却しながら水に濃硫酸をゆっくりと加える。

問 2 濃硫酸は気体の乾燥剤として用いられる。以下の気体のうち、乾燥剤として濃硫酸を用いることができない気体を全て選び、解答欄に分子式で答えなさい。

二酸化炭素    三酸化硫黄    アンモニア    塩素    水素    酸素

問 3 リン鉱石(リン灰石)の主成分であるリン酸カルシウムを硫酸と反応させると過リン酸石灰ができる。この反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問 4 濃硫酸をスクロースに加えた際に生じる反応を化学反応式で表し、解答欄に答えなさい。

問 5 50℃の硫酸銅(Ⅱ)飽和水溶液 70.0 g を  $t$ ℃まで冷却すると、 $x$  g の硫酸銅(Ⅱ)五水和物が析出した。 $t$ ℃における硫酸銅(Ⅱ)の溶解度はいくらか。最も簡単な文字式で表し、解答欄に答えなさい。ただし、50℃における硫酸銅(Ⅱ)の水に対する溶解度を 40 とし、硫酸銅(Ⅱ)の無水物の式量を 160 としなさい。



IV 以下の文章を読み、問いに答えなさい。

下の表は牛乳 100 mL に含まれる主な成分の含有量〔g〕を表したものである。この表からわかるように、牛乳から水を除くと糖質が最も含有量が多い。この糖質のうち 99.8 % がラクトースであり、これが牛乳の甘みのもととなっている。

ラクトースは、グルコースと **あ** が **い** 結合した物質である。ラクトースの水溶液はフェーリング液を還元 **う** (する, しない) が、ラクトースが加水分解されるとフェーリング液との反応により生じる沈殿の量は **え** (減少する, 変わらない, 増加する) 。

また牛乳には、糖質の他に脂質やタンパク質が含まれている。牛乳のタンパク質を構成するアミノ酸には、**お** と呼ばれるヒトの体内では合成できない、または合成しにくいために食物から摂取する必要のある一群のアミノ酸が多いことから、牛乳は良質のタンパク質源であるといわれる。

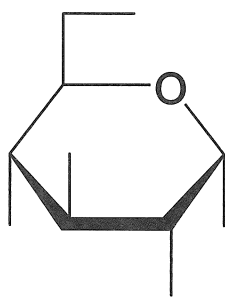
表 牛乳 100 mL 中の主な成分とその含有量

成分名	含有量〔g〕
水	88.0
糖質	4.80
脂質	3.90
タンパク質	3.40
カルシウム	0.11

牛乳は乳白色をしており、そのままでは光をほとんど通さないが、牛乳を水で希釈したものに暗室内で横からレーザー光線を照射すると、光の通り道が見える。この現象は、分子内に親水性部分と疎水性部分をあわせ持つリン脂質と呼ばれる物質が牛乳中の脂質(中性脂肪)を取り囲んで球状になり牛乳中に分散することと、牛乳に含まれるカゼインなどのタンパク質が集合体を形成し、水中に分散することで生じると考えられている。

問 1 文章中の空欄  ,  ,  には最も適切な語句を,  
 ,  については( )内のうち最も適切な語句を, それぞ  
れ解答欄に答えなさい。

問 2  の異性体のうち,  の  $\beta$  型 ( $\beta$  形) の構造を簡略化した構  
造式で表し, 解答欄に答えなさい。ただし, 構造式の簡略化は以下の  $\alpha$ -グル  
コースの例にならなさい。



簡略化した  $\alpha$ -グルコースの構造式

問 3 下線部①で観察される現象を何というか。最も適切な語句を解答欄に答えな  
さい。

問 4 下線部②について, 同様の作用はセッケン分子が汚れを取り除く際にも見ら  
れる。このような作用を何というか。最も適切な語句を解答欄に答えなさい。

問 5 下線部③について, このような集合体が牛乳 100 mL 中に  $1.50 \times 10^{13}$  個存在  
している。牛乳に含まれるタンパク質が全てカゼインであると仮定した場合,  
1 つの集合体は何分子のカゼインから形成されているか。解答欄に有効数字 3  
桁で答えなさい。ただし, カゼインの分子量を 24000 とし, アボガドロ定数  
 $N_A$  を  $6.00 \times 10^{23} / \text{mol}$  とする。

# 生 物 (後期)

解答上の注意：記号等の選択において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、五十音順、番号順に並べなさい。該当するものがない場合のみ、「該当なし」の記号を選びなさい。

I 次の(1)~(8)の間に答えなさい。

(1) 木村資生によって提唱された分子レベルでの進化説はどれか選びなさい。

- A 化学進化説                      B 中立説                      C 自然選択説  
D 細胞内共生説                      E 共進化説                      F 該当なし

(2) キネシンがモータータンパク質としてはたらく細胞骨格の名称を答えなさい。

(3) 呼吸において酸素を消費するタンパク質はどこにあるか選びなさい。

- A ミトコンドリアマトリックス  
B ミトコンドリア外膜  
C ミトコンドリア内膜  
D ミトコンドリア外膜と内膜の間  
E 細胞質基質  
F 核  
G 該当なし

(4) ウニの発生について、受精後起きる出来事を順に並べたときに、2番目、4番目、6番目に起きるものを順に書きなさい。

- A ふ化する。
- B 原腸が外胚葉と接触して口ができる。
- C 卵割が起きる。
- D 胞胚となる。
- E 原腸陥入が起きる。
- F 骨片が発達して腕が伸びる。
- G 卵割腔ができる。

(5) PCR法により目的領域のDNAを10万倍に増幅するためには、反応サイクルを何回以上繰り返す必要があるか答えなさい。

(6) 現在、日本に生息する絶滅危惧種をすべて選びなさい。

- A ニホンカワウソ      B ヤンバルクイナ      C オオクチバス
- D アホウドリ      E オランウータン      F ゲンゴロウ
- G 該当なし

(7) 正しい記述をすべて選びなさい。

- A 海苔は藻類を乾燥させた食品である。
- B ツクシ(スギナ)は維管束をもたない植物である。
- C 無洗米は無胚乳種子の稲の品種から産生される。
- D 春の七草に含まれるナズナは被子植物である。
- E ワタ(綿花)は針葉樹である。
- F キャベツは外来生物である。
- G 該当なし

(8) 腎臓において血しょう中のある物質 X の尿中への排出を考える。毎分の尿生成量を  $V$  ml, 物質 X の尿中の濃度を  $W$  (mg/ml), 物質 X の血しょう中の濃度を  $Y$  (mg/ml), 毎分の原尿生成量を  $Z$  ml とした場合, 細尿管で再吸収される物質 X (mg) の毎分の量を表す式として適切なものを以下から選びなさい。ただし, 物質 X の血しょう中と原尿中の濃度は等しいものとする。

- (A)  $W \times V$                       (B)  $Y \times V$                       (C)  $Y \times V + Z \times W$   
(D)  $Y \times V - Z \times W$       (E)  $Y \times Z + W \times V$       (F)  $Y \times Z - W \times V$   
(G)  $W \times V - Y \times Z$       (H) 該当なし

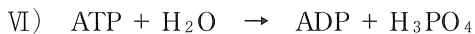
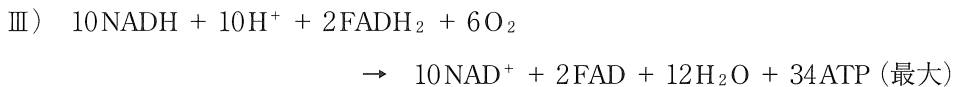
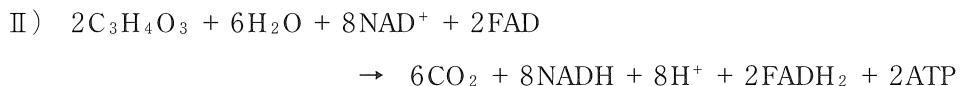
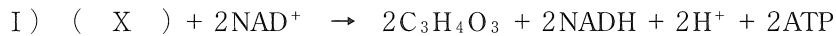




## II

以下の文章を読み、問に答えなさい。

骨格筋は( A )という多核の細胞からなり、その細胞内に多くの( B )をもつ。この( B )を光学顕微鏡で観察すると、明るく見える部分(明帯)と暗く見える部分(暗帯)が交互に連なっている構造が見える。これは細いタンパク質繊維の( C )と太いタンパク質繊維の( D )が規則的に並んでいるためである。そして明帯の中央はZ膜で仕切られており、Z膜から次のZ膜までをサルコメアという。筋肉の収縮はATPを消費して( C )が( D )の間に滑り込むことによっておこる。ATPは以下のI)~VI)といった様々な反応系によって供給と代謝が行われるが、( A )は高頻度な筋収縮においても急速にATPを供給できるIV)の反応系を持つ特徴がある。また他の細胞同様に、ATPの濃度を平衡に維持するためのV)の反応系もはたらくことが知られている。



問 1 ( A )~( D )に当てはまる適切な語句を書きなさい。

問 2 ( X )～( Z )に当てはまる適切な語句を以下の選択肢から選び記号で答えなさい。

- |          |                      |                      |
|----------|----------------------|----------------------|
| あ) グリシン  | い) $\alpha$ -ケトグルタル酸 | う) アセチル CoA          |
| え) グルコース | お) エタノール             | か) NADP <sup>+</sup> |
| き) NADPH | く) クレアチン             | け) ホスホグリセリン酸         |
| こ) グリセリン | さ) クレアチニン            | し) クレアチンリン酸          |

問 3 運動神経の興奮から筋肉が収縮・弛緩するまでの過程の記述について、正しいものをすべて選び記号で答えなさい。

- (あ) 運動神経の軸索は脊髄の背根を通して筋肉にシナプス結合している。
- (い) 運動神経の終盤から筋肉にアセチルコリンが放出されると筋肉は弛緩する。
- (う) 筋肉の収縮弛緩にかかわらず、暗帯の長さは変化しない。
- (え) 明帯の長さが  $0.8 \mu\text{m}$  で暗帯の長さが  $1.6 \mu\text{m}$  の場合、サルコメアの長さは  $3.2 \mu\text{m}$  である。
- (お) 筋小胞体から放出されたカルシウムイオンはトロポミオシンに結合する。
- (か) 筋小胞体から放出されたカルシウムイオンは能動輸送によって筋小胞体に再び取り込まれる。
- (き) 該当なし。

問 4 本文中下線部について、ATP は筋肉のどのタンパク質のどの部分で消費(加水分解)されるか、そのタンパク質の名称と部位を書きなさい。

問 5 骨格筋が収縮するときのエネルギー消費を調べるためにカエルの骨格筋を用いて以下の実験1～3を行った。それらの実験結果をもとに、(1)～(4)の間に答えなさい。ただし、以下の文や図中の物質(Y)は問題文中の反応系の(Y)と同じものとし、骨格筋でのATPの代謝がI)～VI)のみにより行われて、細胞の内外への物質移動はないものとする。また増減率は、 $\frac{\text{収縮後の濃度}}{\text{収縮前の濃度}} - 1$  で算出した。以下で使用する薬剤  $\alpha$  と薬剤  $\beta$  はそれぞれ本文中の反応系 I)～VI)の一つをはたらかなくする作用がある。

(実験1) 無酸素条件下で、薬剤  $\alpha$  を作用させていない筋肉と作用させた筋肉を用意し、それぞれ数回にわたり筋肉を収縮させた。この時、それぞれの筋肉の細胞の乳酸と物質(Y)の濃度を収縮前後で測定し、収縮前後での増減率を求めたところ、結果は以下の図1のようになった。

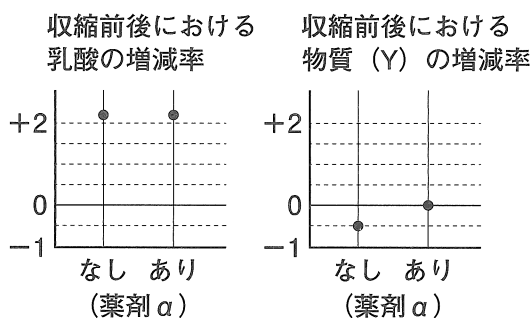


図1：薬剤  $\alpha$  の有無による筋収縮前後の乳酸と物質(Y)の増減率。

(実験2) 無酸素条件下で、薬剤  $\beta$  を作用させていない筋肉と作用させた筋肉を用意し、それぞれ数回にわたり筋肉を収縮させた。この時、それぞれの筋肉の細胞の乳酸と物質(Y)の濃度を収縮前後で測定し、収縮前後での増減率を算出したところ、結果は以下の図2のようになった。

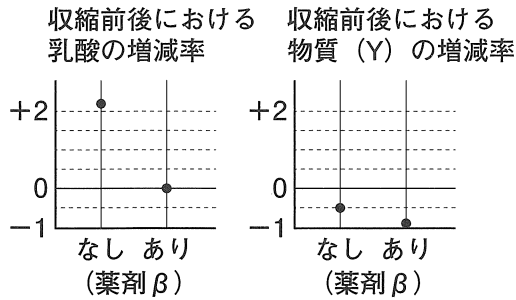


図2：薬剤  $\beta$  の有無による筋収縮前後の乳酸と物質(Y)の増減率。

(実験3) 無酸素条件下で、薬剤  $\alpha$  と  $\beta$  を同時に作用させてから、筋肉を1回収縮させた。この時、収縮前後の乳酸、ATP、AMP、物質(Y)の筋肉1gあたりの量を測定したところ、結果は以下の図3のようになった。

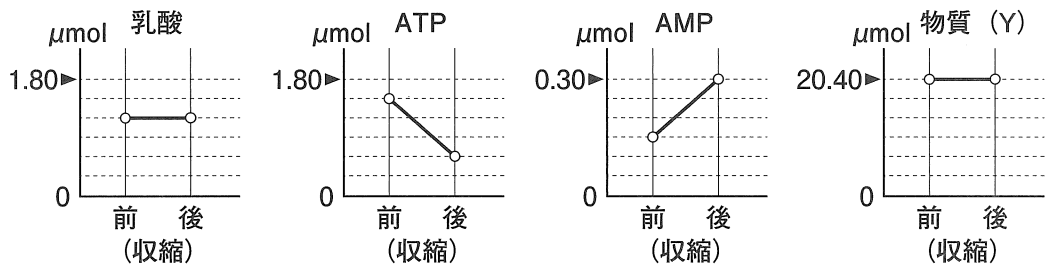


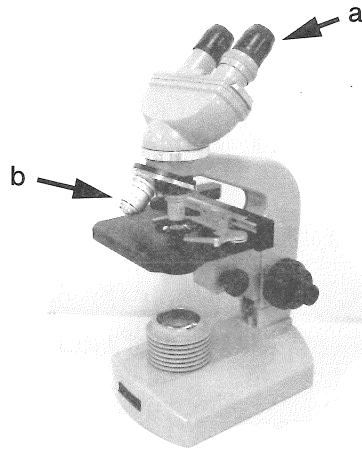
図3：筋収縮前後の乳酸、ATP、AMP、物質(Y)の変化

- (1) 薬剤  $\alpha$  の作用によりはたらかなくなった反応系として実験1の結果から考えられる最も適切なものをI)~VI)から1つ選び記号で答えなさい。
- (2) 薬剤  $\beta$  の作用によりはたらかなくなった反応系として実験2の結果から考えられる最も適切なものをI)~VI)から1つ選び記号で答えなさい。
- (3) 実験3において、この一回の収縮で消費されたATPの総量は筋肉1gあたり何  $\mu\text{mol}$  になるか答えなさい。
- (4) 実験3において、収縮前の筋肉1gあたりのADPの量が  $0.75 \mu\text{mol}$  であった時、収縮後のADPの量は何  $\mu\text{mol}$  になるか答えなさい。

### III

以下の顕微鏡に関連する問に答えなさい。

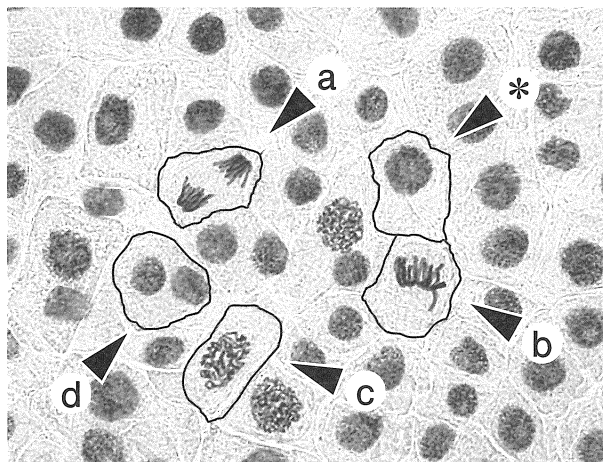
問 1 図は標準的な光学顕微鏡の写真である。



- (1) 顕微鏡のレンズには2種類あり、それぞれのレンズは筒状の構造の中に装着されている。aとbのレンズの名称を答えなさい。
- (2) bのレンズが10倍または40倍のレンズを使って観察を行った。以下の記述で正しいものはどれか、すべて選び記号で答えなさい。
- A 10倍のレンズのほうが、暗く見える。
  - B 10倍のレンズのほうが、焦点深度(ピントの合う範囲)は浅い。
  - C 10倍のレンズのほうが、レンズ(を装着する筒状の部分)の長さが短い。
  - D 10倍のレンズのほうがスライドガラス上の標本に近いところで焦点が合う。
  - E 総合倍率はaの倍率とbの倍率をかけ合わせたものである。
  - F 該当なし。

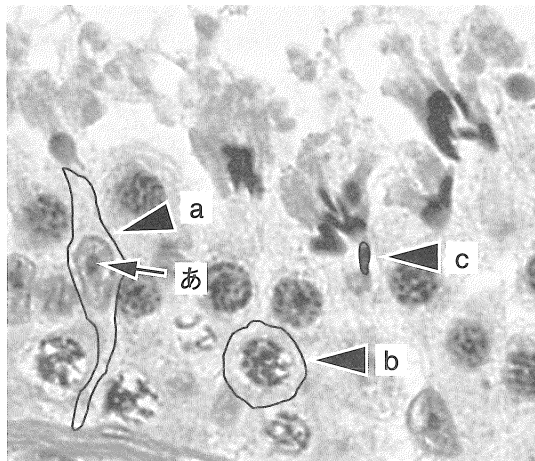
- (3) a, bの両方のレンズが10倍の時, aのマイクロメーターの4目盛りとbのマイクロメーターの18目盛りが一致した。bの10倍のレンズのマイクロメーター1目盛りは $10\mu\text{m}$ である。bのレンズを40倍に変えたとき, 計算上で10倍のaのマイクロメーター1目盛りが表す長さを求めなさい。
- (4) aが10倍, bが40倍のレンズを使って観察を行った。以下の記述で正しいものはどれか, すべて選び番号で答えなさい。
- 1 大腸菌のべん毛の運動がはっきり見えた。
  - 2 インフルエンザウイルスが見えた。
  - 3 適切な染色をしたプレパラートでは, ヒトの赤血球と好中球が区別できた。
  - 4 一視野の中にダニの全体像が見えた。
  - 5 ヒトのミトコンドリアのクリステが見えた。
  - 6 ヒトの小腸の柔毛の上皮構造の特徴が確認できた。
  - 7 DNAのらせん構造が見えた。

問 2 図はソラマメの根端組織での細胞分裂像である(一部の細胞の輪郭を黒線で示してある)。a~dの細胞について, \*の細胞を起点にして細胞周期順に記号を並べなさい。(解答例: a, b, c, d)



問 3 肝臓の培養細胞に<sup>3</sup>Hで標識したチミジン(チミンを含むヌクレオチド)をごく短期間培養液に加えたところ 80 個中 20 個の細胞の DNA に取り込まれた。また、細胞分裂中の細胞は 80 個中 4 個であり、細胞 1 個あたりの DNA 量が G2 期の DNA 量の 1/2 しか含まない細胞の数は 40 個であった。細胞周期の時間を 20 時間とすると、S 期と G2 期の長さ(時間)をそれぞれ答えなさい。

問 4 写真は男性の配偶子を産生する組織の顕微鏡写真である(a~c の細胞の輪郭を黒線で示してある)。



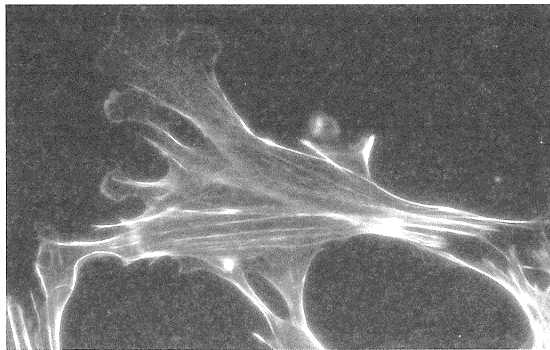
- (1) a 細胞はこの組織の支持細胞であり、体細胞である。(あ)が指す黒く点状に見える構造物の名前とそこで合成されるものを書きなさい。
- (2) b は配偶子を産み出す細胞であり、その分裂が終了したものが c である。c の細胞の名前を書きなさい。
- (3) 配偶子を産み出す分裂を何というか答えなさい。



(4) aの細胞の分裂様式と(3)の分裂様式を比較した時、両者に共通する記述はどれか、すべて選び記号で答えなさい。

- A S期にDNAが複製される。
- B 分裂前の細胞のDNA量は配偶子の最大4倍である。
- C 分裂中に相同染色体が対合する。
- D それぞれの分裂が完了すると核相はnになる。
- E 中期には染色体が赤道面に並ぶ。
- F 2回の分裂が続けて起こる。
- G 該当なし。

問 5 写真は培養細胞におけるある細胞骨格の蛍光染色像である。ここでは中央に1個の細胞があり、細胞骨格が白く明るく見えている。この細胞骨格は接着結合のカドヘリンの細胞質側でも結合していることが知られているが、この細胞骨格を構成しているタンパク質の名前を答えなさい。



## IV

以下の文章を読み、問に答えなさい。

ヒトやマウスなどの哺乳類の発生の初期過程において、受精卵は卵割を行い、胚盤胞になる。胚盤胞は内部細胞塊と栄養外胚葉からなり、ヒトの胎児やマウスの胎仔となる部位は内部細胞塊である。内部細胞塊を取り出し、特別な環境下で培養を行うとES細胞(胚性幹細胞)を得ることができる。ES細胞は培養条件によって様々な組織や器官に分化することができ、①再生医療への応用が期待されている。

発生過程で起こる細胞の分化には、細胞と細胞の相互作用が重要な役割を果たす。②胚のある領域が周辺の未分化な細胞群に作用して、その分化を引き起こすはたらきを  という。③  が起こると細胞内に一連の反応が起こり、分化が方向づけられる。眼胞が表皮に作用して、表皮を  に分化させる現象は  の例である。

脊椎動物の初期胚に存在するある種の物質は、特定の領域の細胞群から分泌されて、胚の中で濃度勾配を形成している。④からだの前後軸に沿った特徴的な構造は、ホメオティック遺伝子(ホックス遺伝子)とよばれる一群の調節遺伝子がはたらくことにより形成されるが、どのホメオティック遺伝子がはたらくかは、胚の中のある種の物質の濃度によって決められている。

### 問 1

- (1) 下線部①について、ヒトのES細胞を作製する際には倫理的問題があるが、その問題は2006年に山中伸弥らの研究グループによる人工的な細胞の開発によって克服された。それはどのような問題か、30字以内で説明しなさい。
- (2) (1)の山中伸弥らの研究グループによって作製された細胞の名前を答えなさい。

問 2 文中の  と  に最も適切な語を記入しなさい。

問 3 下線部②について、図1に示すような色が異なる2種のイモリ胚を用いて原腸胚組織の交換移植実験を行った。この実験について、下の(1)と(2)に答えなさい。

A 初期原腸胚

B 中期原腸胚

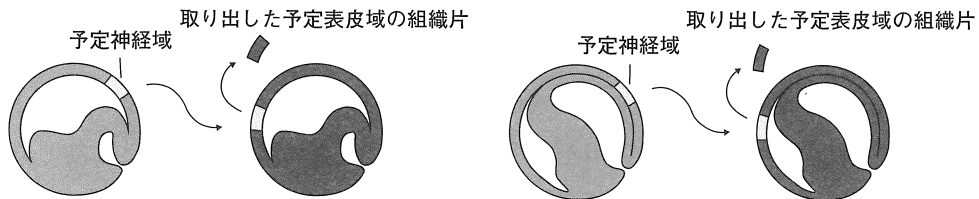


図1

(1) 図1 Aのように、初期原腸胚の予定神経域の組織片を同じ時期の色が異なるイモリの予定表皮域に交換移植した。移植された組織は何に分化するか、組織の名称を答えなさい。

(2) 図1 Bのように、中期原腸胚の予定神経域の組織片を同じ時期の色が異なるイモリの予定表皮域に交換移植したところ、移植された組織は神経に分化した。移植された組織片はどの時期(移植前か後か)のどの細胞(何胚葉)からそのような運命決定をされたか、30字以内で説明しなさい。

問 4 下線部③の場合に、細胞外からの作用を受けて細胞内で起こる現象の説明として最も適切なものを、次の(ア)～(エ)から2つ選び、記号で答えなさい。

- (ア) 遺伝子の組換えが起こる。
- (イ) 発現する調節遺伝子の種類が変化する。
- (ウ) DNAに含まれる遺伝子の種類が変化する。
- (エ) 翻訳されるタンパク質の種類が変化する。

問 5 下線部④に関する次の文章を読み、問に答えなさい。

脊椎動物の椎骨は、その特徴に従って頸椎、胸椎、腰椎などに分類され、このうち胸椎には肋骨が結合している所以他の椎骨と簡単に見分けられる(図2)。椎骨の種類が切り替わる境界はホメオティック遺伝子の発現が切り替わる部位と一致する。マウス胚では物質Xが胚の後方で産生され、前方に向けて拡散するため、後方から前方にかけて濃度勾配がつくられ、これがホメオティック遺伝子群の発現を決めている。マウス胚の後方に物質Xを与えると、物質Xは前方に向けて拡散していった。これにより物質Xの濃度を通常より高くなるようにしたとき、どのような変化が生じる可能性があるか、最も適切なものを下の(ア)～(オ)から2つ選び、記号で答えなさい。ただし、椎骨の総数に変化はなかったものとする。

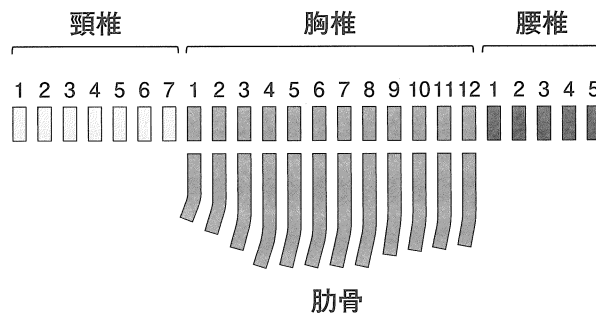


図 2

- (ア) 腰椎の数が減る。
- (イ) 頸椎の数が増える。
- (ウ) 1番目の腰椎の場所に肋骨がつく。
- (エ) 7番目の頸椎の場所に肋骨がつく。
- (オ) 12番目の胸椎にあった肋骨が消える。

問 6 ショウジョウバエなどの昆虫には体節があり，各体節には触角，翅，脚などの特徴的な構造がつくられる。ショウジョウバエの発生に関する説明として最も適切なものを，次の(ア)～(オ)から2つ選び，記号で答えなさい。

- (ア) 体節の境界は，ホメオティック遺伝子によって決められる。
- (イ) ホメオティック遺伝子は，異なる染色体に分かれて存在する。
- (ウ) 受精卵の細胞質内のある種のタンパク質の濃度勾配が前後軸に沿った位置情報となり体ができていく。
- (エ) ホメオティック遺伝子の突然変異体では，からだの一部が別の部分におきかわる。
- (オ) 胚の一部の細胞から分泌されたある種の物質の濃度勾配が，前後軸を決める。

訂正 令和6年度一般選抜試験（後期）理科

物理

IV 本文 p7 14行目

(誤) 操作 II バルブ 1 を 開け,



(正) 操作 II バルブ 1 を素早く開け,

生物

<訂正 1> p22 I (7) 選択肢 A を削除する。

A—海苔は藻類を乾燥させた食品である。

<訂正 2> p26 II 問 3 (い)

(誤) 運動神経の終盤から



(正) 運動神経の終板から

<訂正 3> p30 上から 1 行目～3 行目 III 問 1 (3)

(誤) a のマイクロメーターの 4 目盛りと b のマイクロメーターの 18 目盛りが一致した。  
b の 10 倍のレンズのマイクロメーター 1 目盛りは  $10\mu\text{m}$  である。



(正) a のマイクロメーターの 4 目盛りと b 側のマイクロメーターの 18 目盛りが一致した。  
b 側のマイクロメーターの 1 目盛りは  $10\mu\text{m}$  である。

<訂正 4> p36 2 行目 IV 問 6

(誤) ショウジヨウバエ



(正) ショウジョウバエ

<訂正 5> p.36 上から 4 行目

IV 問 6 選択肢 (ア) を削除。

出典 後期 生物 IV

富山大学 2019年度 生物 4 より改変