

受験番号						氏名

2023 年度

理 科

注 意 事 項

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ません。
2. 出題分野、頁および選択方法は、下表のとおりです。

出題分野	頁	選 択 方 法
物 理	1～22	左の3分野のうちから2分野を選択し、 解答しなさい。
化 学	23～35	
生 物	36～56	

3. 試験開始後、頁の落丁・乱丁及び印刷不鮮明、解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。また、問題冊子に計算用紙が挟んであるのでメモや計算に用いて構いません。
4. 監督者の指示にしたがって解答用紙の該当欄に下記のようにそれぞれ正しく記入し、マークしなさい。

① 受験番号欄

受験番号を5ケタで記入し、さらにその下のマーク欄に該当する5ケタをマークしなさい。(例)受験番号 10025 番→

1	0	0	2	5
---	---	---	---	---

 と記入。

② 氏名欄 氏名・フリガナを記入しなさい。

③ 解答分野欄

解答する分野名2つを○で囲み、さらにその下のマーク欄にマークしなさい。

5. 受験番号および解答する分野が正しくマークされていない場合は、採点できないことがあります。

6. 解答は、解答用紙の解答欄にHB鉛筆で正確にマークしなさい。

例えば

15

 と表示された問題の正答として④を選んだ場合は、次の(例)のように解答番号15の解答欄の④を濃く完全にマークしなさい。薄いもの、不完全なものは解答したことはありません。

(例)

解答番号	解 答 欄									
15	①	②	③	●	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩

7. 解答を修正する場合は、必ず「消しゴム」であとが残らないように完全に消しなさい。鉛筆の色や消しくずが残ったり、 のような消し方などをした場合は、修正したことになりません。
8. すべて選べという指示のある問題を除き、それぞれの問題で指定された数よりも多くの解答をマークした場合は無解答とみなされます。
9. 問題冊子の余白等は、適宜利用してよいが、どの頁も切り離してはいけません。
10. 試験終了後、問題冊子、解答用紙、計算用紙を机上に置き、試験監督者の指示に従い退場しなさい。

物 理

第1問 以下の問題の に最も適切なものを、対応する解答群のうちから一つ選べ。

図1のように、長さ l [m] の糸の一端を点 O に固定し、他端に質量 m [kg] の小球をつけた。点 A で静止している小球に水平方向の初速度 v_0 [m/s] を与えると、小球は鉛直面内を円運動し、点 O より高さ h [m] だけ高い点 B を通過したとき、小球をつなぐ糸がたるんだ。その後、小球は放物運動し点 O を通過した。

点 B の高さ h は 1 [m] であり、点 B における物体の速さ v は 2 [m/s] である。また物体が点 B から点 O まで到達するのにかかる時間は 3 [s] である。したがって、点 A で小球に与えた速さ v_0 は 4 [m/s] である。ただし重力加速度の大きさを g [m/s²] とし、糸がたるんだときに糸が小球の運動を妨げることはないものとする。

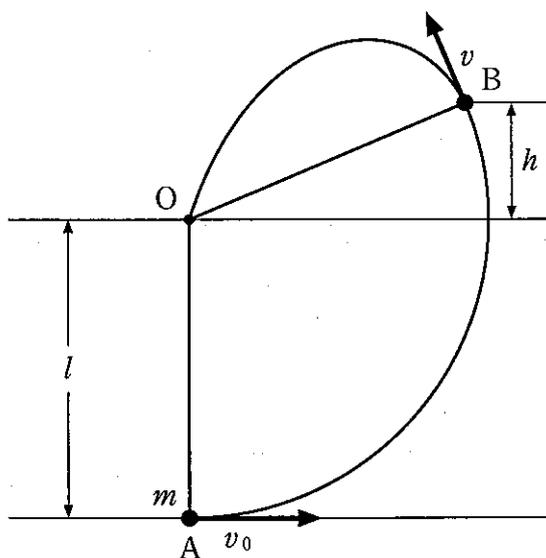


図1

1 の解答群

- ① $\frac{1}{4}l$ ② $\frac{1}{3}l$ ③ $\frac{\sqrt{2}}{4}l$ ④ $\frac{\sqrt{3}}{4}l$
⑤ $\frac{\sqrt{2}}{3}l$ ⑥ $\frac{1}{2}l$ ⑦ $\frac{\sqrt{3}}{3}l$ ⑧ $\frac{\sqrt{2}}{2}l$

2 の解答群

- ① $\frac{1}{2}\sqrt{gl}$ ② $\sqrt{\frac{gl}{3}}$ ③ $\frac{1}{2}\sqrt{\sqrt{2}gl}$ ④ $\frac{1}{2}\sqrt{\sqrt{3}gl}$
⑤ $\sqrt{\frac{\sqrt{2}gl}{3}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{gl}{2}}$ ⑦ $\sqrt{\frac{\sqrt{3}gl}{3}}$ ⑧ $\sqrt{\frac{\sqrt{2}gl}{2}}$

3 の解答群

- ① $\sqrt{\frac{2\sqrt{2}l}{g}}$ ② $\sqrt{\frac{\sqrt{3}l}{2g}}$ ③ $\sqrt{\frac{\sqrt{2}l}{2g}}$ ④ $\sqrt{\frac{2\sqrt{3}l}{g}}$
⑤ $\sqrt{\frac{2\sqrt{2}l}{3g}}$ ⑥ $\sqrt{\frac{\sqrt{3}l}{3g}}$ ⑦ $\sqrt{\frac{\sqrt{2}l}{3g}}$ ⑧ $\sqrt{\frac{2\sqrt{3}l}{3g}}$

4 の解答群

- ① $\sqrt{\left(1 + \frac{\sqrt{3}}{2}\right)gl}$ ② $\sqrt{\left(1 + \sqrt{2}\right)gl}$ ③ $\sqrt{\left(3 + \sqrt{3}\right)gl}$
④ $\sqrt{\left(2 + \sqrt{2}\right)gl}$ ⑤ $\sqrt{\left(2 + \sqrt{3}\right)gl}$ ⑥ $\sqrt{\left(1 + \frac{\sqrt{2}}{2}\right)gl}$
⑦ $\sqrt{\left(1 + \sqrt{3}\right)gl}$ ⑧ $\sqrt{\left(3 + \sqrt{2}\right)gl}$

第2問 次の文章を読み、下の問(問1～3)に答えよ。

図1のように、静止衛星は地球の赤道上空を地球の自転と等しい周期で等速円運動している。地球および静止衛星の質量をそれぞれ M 、 m [kg]、地球の半径を R [m]、静止衛星の地上からの高さを H [m]、人工衛星の速さを V [m/s]、地球の自転周期を T [s]、万有引力定数を G [N・m²/kg²] とする。

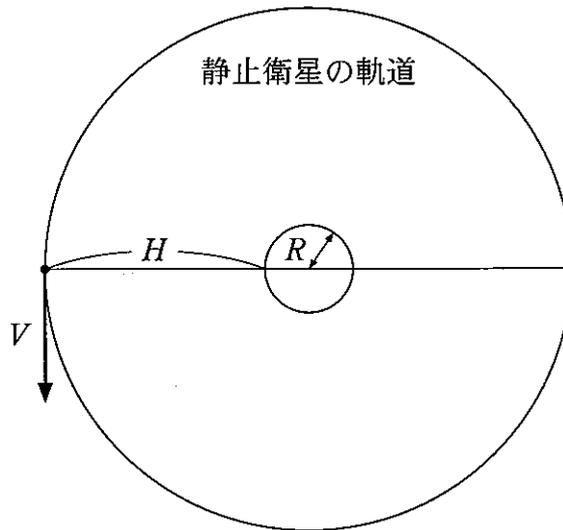


図1

問1 静止衛星の地上からの高さ H [m] はいくらか。最も適切なものを、次のうち

から一つ選べ。 $H =$ [m]

- | | | |
|------------------------------------|--|--|
| ① $\sqrt{\frac{GmT}{2\pi}} - R$ | ② $\sqrt{\frac{GmT^2}{4\pi^2}} - R$ | ③ $\sqrt{\frac{GmT^3}{8\pi^3}} - R$ |
| ④ $\sqrt[3]{\frac{GmT}{2\pi}} - R$ | ⑤ $\sqrt[3]{\frac{GmT^2}{4\pi^2}} - R$ | ⑥ $\sqrt[3]{\frac{GmT^3}{8\pi^3}} - R$ |
| ⑦ $\sqrt{\frac{GMT}{2\pi}} - R$ | ⑧ $\sqrt{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} - R$ | ⑨ $\sqrt{\frac{GMT^3}{8\pi^3}} - R$ |
| ⑩ $\sqrt[3]{\frac{GMT}{2\pi}} - R$ | ⑪ $\sqrt[3]{\frac{GMT^2}{4\pi^2}} - R$ | ⑫ $\sqrt[3]{\frac{GMT^3}{8\pi^3}} - R$ |

問 2 静止衛星の速さ V [m/s] はいくらか。最も適切なものを、次のうちから一つ

選べ。 $V = \boxed{6}$ [m/s]

- | | | | |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| ① $\sqrt{\frac{2\pi Gm}{T}}$ | ② $\sqrt{\frac{4\pi^2 Gm}{T^2}}$ | ③ $\sqrt{\frac{8\pi^3 Gm}{T^3}}$ | ④ $\sqrt[3]{\frac{2\pi Gm}{T}}$ |
| ⑤ $\sqrt[3]{\frac{4\pi^2 Gm}{T^2}}$ | ⑥ $\sqrt[3]{\frac{8\pi^3 Gm}{T^3}}$ | ⑦ $\sqrt{\frac{2\pi GM}{T}}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{4\pi^2 GM}{T^2}}$ |
| ⑨ $\sqrt{\frac{8\pi^3 GM}{T^3}}$ | ⑩ $\sqrt[3]{\frac{2\pi GM}{T}}$ | ⑪ $\sqrt[3]{\frac{4\pi^2 GM}{T^2}}$ | ⑫ $\sqrt[3]{\frac{8\pi^3 GM}{T^3}}$ |

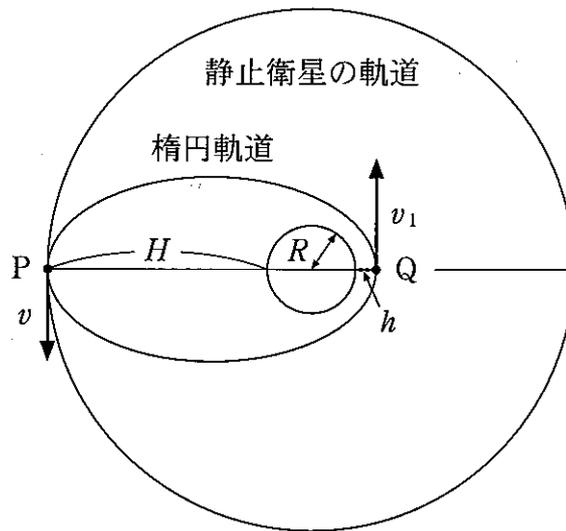


図 2

問 3 この静止衛星が、図 2 の点 P で短時間に進行方向に向かって噴射を行い速さ v (m/s) に減速したところ、静止軌道を外れ図 2 に示すような地球の中心を焦点とする楕円軌道に移った。衛星が地球に最も近づいた点 Q の高度を h (m) として、点 Q における速さ v_1 (m/s) はいくらか。ただし、地球の大気による抵抗は無視できるものとする。最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。

$v_1 =$ [m/s]

- | | |
|---|---|
| ① $\sqrt{\frac{GM(R+h)}{(R+H)(2R+H+h)}}$ | ② $\sqrt{\frac{Gm(R+h)}{(R+H)(2R+H+h)}}$ |
| ③ $\sqrt{\frac{GM(R+H)}{(R+h)(2R+H+h)}}$ | ④ $\sqrt{\frac{Gm(R+H)}{(R+h)(2R+H+h)}}$ |
| ⑤ $\sqrt{\frac{2GM(R+h)}{(R+H)(2R+H+h)}}$ | ⑥ $\sqrt{\frac{2Gm(R+h)}{(R+H)(2R+H+h)}}$ |
| ⑦ $\sqrt{\frac{2GM(R+H)}{(R+h)(2R+H+h)}}$ | ⑧ $\sqrt{\frac{2Gm(R+H)}{(R+h)(2R+H+h)}}$ |

第3問 次の文章を読み、下の問(問1～4)に答えよ。

図1のような電流と電圧の関係を示す2つの異なる電球 L_1 と L_2 がある。これらの電球と抵抗値が $R_1 = 10.0 \Omega$ の抵抗、抵抗値 $R(\Omega)$ の可変抵抗、内部抵抗が無視できる電圧 25.0 V の電源、内部抵抗がゼロの電流計を接続して3つの回路(図2～図4)を作成した。

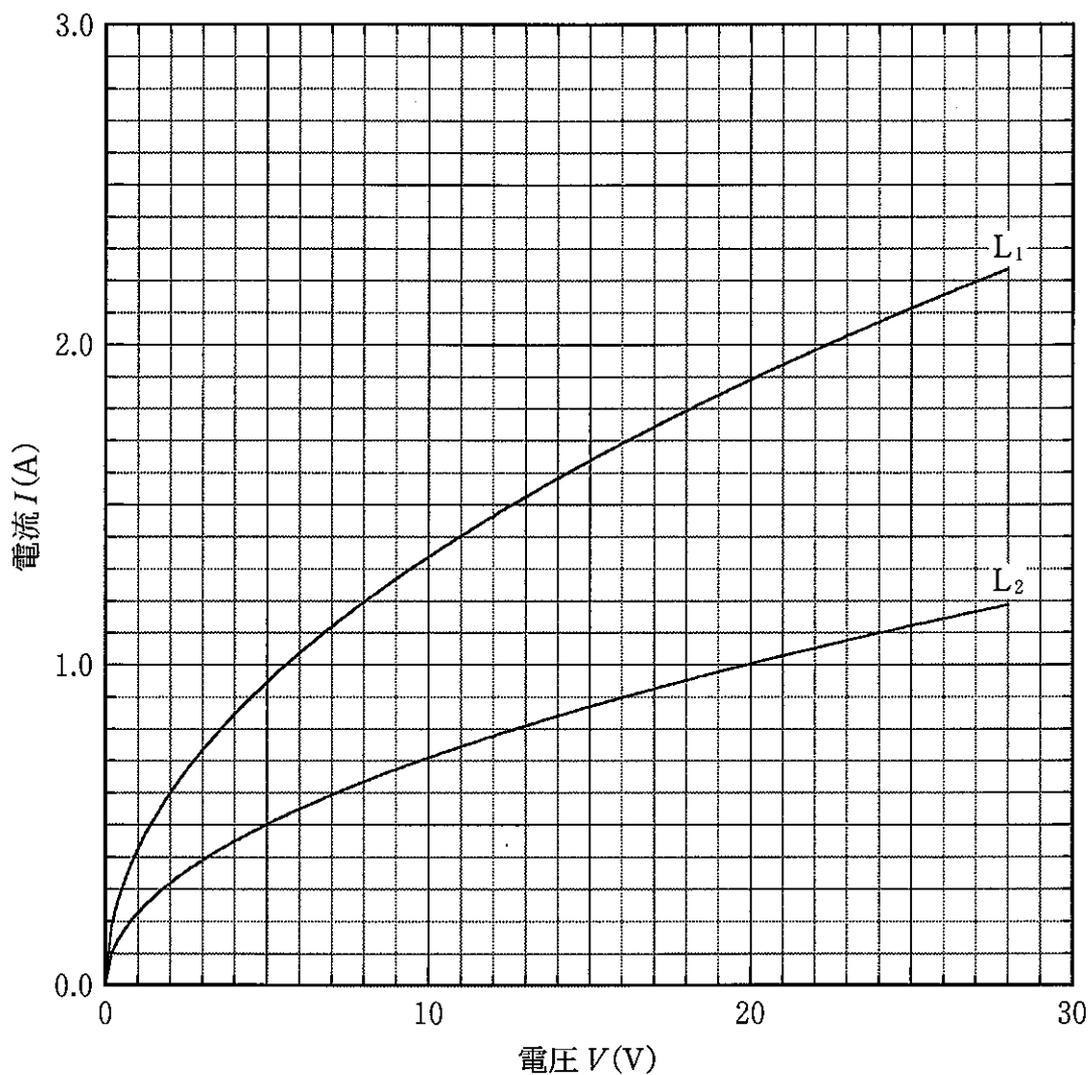


図1

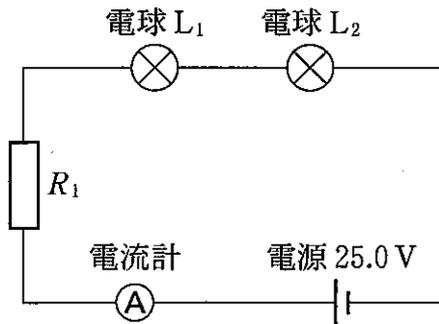


図 2

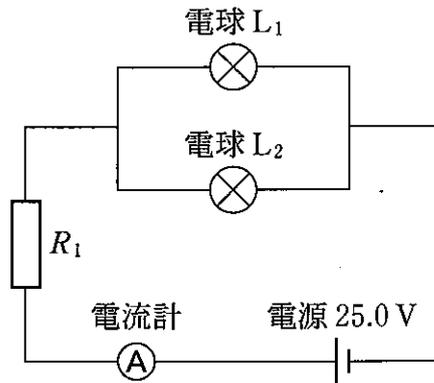


図 3

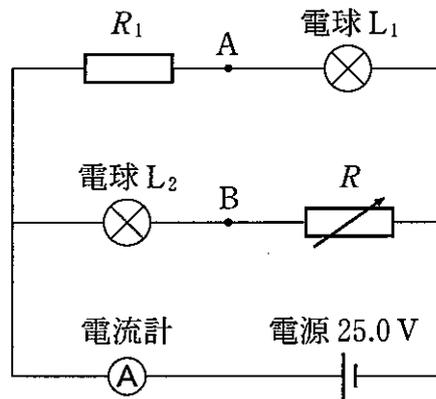


図 4

問 1 図 2 と図 3 の各回路で電流計を流れる電流はそれぞれいくらか。最も適当なものを、次のうちから一つ選べ。

図 2 の回路： A, 図 3 の回路： A

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 0.55 | ② 0.68 | ③ 0.82 | ④ 0.95 | ⑤ 1.09 |
| ⑥ 1.22 | ⑦ 1.36 | ⑧ 1.49 | ⑨ 1.63 | ⑩ 1.76 |
| ⑪ 1.90 | ⑫ 2.03 | ⑬ 2.17 | ⑭ 2.30 | ⑮ 2.44 |

問 2 図 4 の回路で、AB 間の電位差が 0.0 V になるように可変抵抗を変化させた。可変抵抗の抵抗値 $R(\Omega)$ はいくらか。最も適当なものを、次のうちから一つ選べ。

$R =$ Ω

- ① 9.0 ② 10 ③ 11 ④ 12 ⑤ 13
⑥ 14 ⑦ 15 ⑧ 16 ⑨ 17 ⑩ 18

問 3 次に、図 4 の回路で、B 点の電位が A 点の電位より 9.0 V 高くなるように可変抵抗を変化させた。可変抵抗の抵抗値 $R(\Omega)$ はいくらか。最も適当なものを、次のうちから一つ選べ。

$R =$ Ω

- ① 12 ② 16 ③ 20 ④ 24 ⑤ 28
⑥ 32 ⑦ 36 ⑧ 40 ⑨ 44 ⑩ 48

問 4 問 3 で変化させた可変抵抗の抵抗値のとき、この回路全体の消費電力はいくらか。最も適当なものを、次のうちから一つ選べ。

W

- ① 40 ② 44 ③ 48 ④ 52 ⑤ 56
⑥ 60 ⑦ 64 ⑧ 68 ⑨ 72 ⑩ 76

第4問 次の文章を読み、下の問(問1～4)に答えよ。

一定の振動数 f_0 [Hz]の音を出す音源が、半径100.0 mの水平な円周上を速さ v [m/s]で等速運動している。この円と同一平面上で円の中心からの距離200.0 mの地点で静止している観測者が音源の出す音の振動数を測定したところ、ある時刻で最小振動数676.0 Hzを観測した26.8 s後に、最大振動数を観測した。音速は340 m/sとし、無風であるものとする。

問1 音源の速さ v [m/s]はいくらか。最も適当なものを、次のうちから一つ選

べ。 $v = \boxed{13}$ m/s

- ① 7.80 ② 9.10 ③ 10.4 ④ 11.7
⑤ 13.0 ⑥ 14.3 ⑦ 15.6 ⑧ 16.9

問2 音源の出す音の振動数 f_0 [Hz]はいくらか。最も適当なものを、次のうちか

ら一つ選べ。 $f_0 = \boxed{14}$ Hz

- ① 699 ② 701 ③ 703 ④ 705
⑤ 707 ⑥ 709 ⑦ 711 ⑧ 713

問3 観測者が観測する音の最大振動数 f_{max} [Hz]はいくらか。最も適当なもの

を、次のうちから一つ選べ。 $f_{max} = \boxed{15}$ Hz

- ① 737 ② 739 ③ 741 ④ 743
⑤ 745 ⑥ 747 ⑦ 749 ⑧ 751

問4 観測者が円の中心からの距離が141.4 mの地点へ移動した。この地点で静止している観測者が、最大振動数を観測した後に最初に最小振動数を観測するまでの時間 t [s]はいくらか。最も適当なものを、次のうちから一つ選べ。

$t = \boxed{16}$ s

- ① 7.9 ② 8.4 ③ 8.9 ④ 9.5
⑤ 10.1 ⑥ 10.6 ⑦ 11.2 ⑧ 13.3

第5問 次の文章を読み、下の問(問1～3)に答えよ。

図1のように、絶対屈折率(屈折率) $n(n > 1)$ 、厚さ d (m)の薄膜に波長 λ (m)の単色光が空气中(屈折率1)から入射角 i で入射した。屈折角は r であった。薄膜の表面と底面からの反射光の干渉を考える。

薄膜の下の層が空気するとき、薄膜は次式にしたがって時間 t (s)とともに薄くなっていくとする。

$$d = d_0 - at$$

ここで、 d_0 (m)は $t = 0$ sにおける薄膜の厚さであり、係数 a (m/s)は正とする。反射光は干渉により時間とともに明暗を繰り返す。

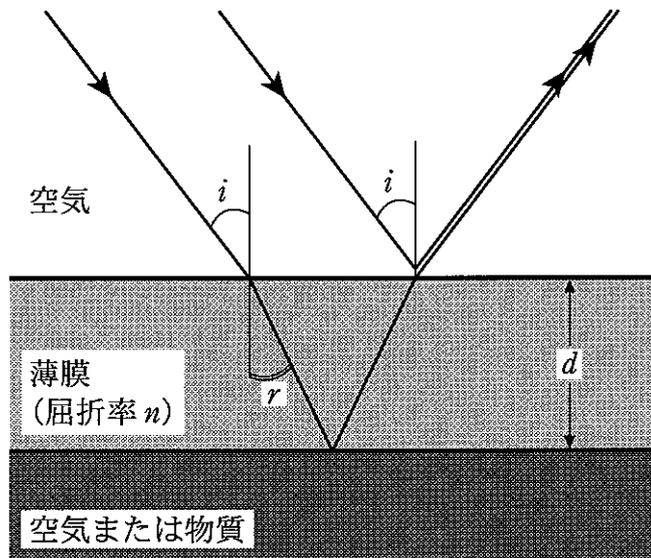


図1

問 1 薄膜の下の層が空気するとき、光が最後に強めあう時刻 t_1 [s] はいつか。最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。 $t_1 = \boxed{17}$ [s]

- ① $\frac{2nd_0 \cos r - \lambda}{2na \cos r}$ ② $\frac{2nd_0 \cos i - \lambda}{2na \cos i}$ ③ $\frac{n\lambda d_0}{a}$
 ④ $\frac{2nd_0 - \lambda \cos r}{2na}$ ⑤ $\frac{4nd_0 - \lambda \cos r}{4na}$ ⑥ $\frac{nd_0 - \lambda}{a}$
 ⑦ $\frac{2nd_0 - \lambda}{2a}$ ⑧ $\frac{4nd_0 \cos r - \lambda}{4na \cos r}$ ⑨ $\frac{4nd_0 \cos r - 3\lambda}{4na \cos r}$

問 2 薄膜の下の層に屈折率が n より大きい物質を置いたところ、係数 a は半分の大きさ $\frac{1}{2}a$ に変化した。光が最後に強めあう時刻は、前問の時刻 t_1 [s] を用いてどのように表されるか。最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。

$\boxed{18}$ [s]

- ① $\frac{2t_1(nd_0 - \lambda)}{nd_0 \cos r}$ ② $\frac{2t_1(2nd_0 \cos i - \lambda)}{2nd_0 \cos i}$
 ③ $\frac{4t_1(d_0 - \lambda)}{\cos r}$ ④ $\frac{4t_1(d_0 - \lambda)}{2nd_0 \cos r - \lambda}$
 ⑤ $\frac{2t_1\lambda(2nd_0^2 \cos r - \lambda^2)}{2nd_0 \cos r - \lambda}$ ⑥ $2t_1$
 ⑦ $\frac{4t_1\lambda(2nd_0^2 \cos r - \lambda^2)}{4nd_0 \cos r - \lambda}$ ⑧ $\frac{4t_1(2nd_0 \cos r - \lambda)}{4nd_0 \cos r - \lambda}$
 ⑨ $\frac{2nd_0 t_1 - \lambda}{2\lambda}$

問 3 光の干渉に関する記述内容として正しいものを、次の①～④のうちから二つ
選べ。

19

- ① 真空中での光の速さを c とすると、屈折率 n の媒質中での光の速さは c/n である。
- ② 屈折率 n の媒質中を光が距離 L 進んだとき、 L/n を光路長という。
- ③ 屈折率の大きな物質から小さな物質へ向かう境界面での反射の位相変化は、固定端反射に相当する。
- ④ シャボン玉がさまざまな色に色づいて見えるのは、白色光を当てたときに、膜の厚さや見る角度により強めあったり弱めあったりする光の波長が異なるためである。

第6問 次の文章を読み、下の問(問1～6)に答えよ。問1～4では対応する解答群より選択せよ。なお同じ番号を複数回選択してもよい。

滑らかに動くピストンの付いた円筒容器中に単原子分子からなる理想気体が入れている。図1のように、圧力 p_0 [Pa]、体積 V_0 [m³] の状態 A から圧力 ap_0 [Pa]、体積 V_0 [m³] の状態 B、圧力 p_0 [Pa]、体積 aV_0 [m³] の状態 C を経て再び状態 A に戻るようにゆっくりと変化させた。状態の変化は、各状態間を結ぶ直線に沿っての変化である。ただし a は 1 より大きな実数であるものとする。

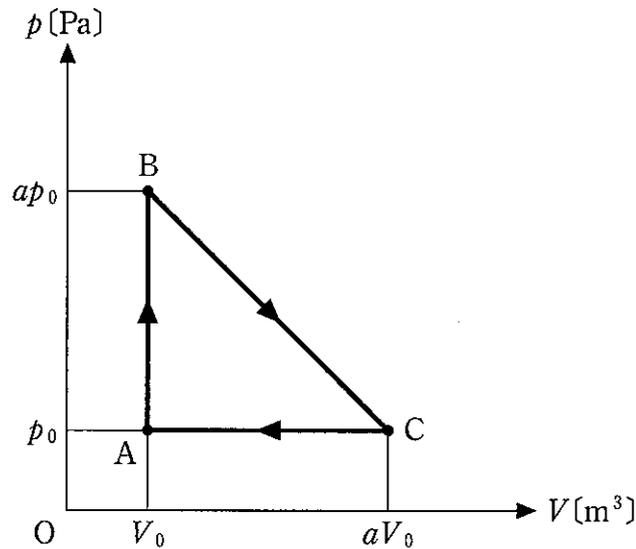


図1

問1 A→Bの過程で、気体が吸収する熱量はいくらか。最も適切なものを、解答群のうちから一つ選べ。 [J]

問2 C→Aの過程で、気体の内部エネルギーの増加はいくらか。最も適切なものを、解答群のうちから一つ選べ。 [J]

問3 A→B→C→Aのサイクルで、気体が外部にする仕事はいくらか。最も適切なものを、解答群のうちから一つ選べ。 [J]

問 4 B→C の過程で、気体が吸収する熱量はいくらか。最も適切なものを、解答群のうちから一つ選べ。 23 [J]

20 ~ 23 の解答群

- | | |
|-------------------------------|------------------------------|
| ① $-\frac{1}{2}(a-1)p_0V_0$ | ② $\frac{1}{2}(a-1)p_0V_0$ |
| ③ $-\frac{3}{2}(a-1)p_0V_0$ | ④ $\frac{3}{2}(a-1)p_0V_0$ |
| ⑤ $-\frac{5}{2}(a-1)p_0V_0$ | ⑥ $\frac{5}{2}(a-1)p_0V_0$ |
| ⑦ $-\frac{1}{2}(a-1)^2p_0V_0$ | ⑧ $\frac{1}{2}(a-1)^2p_0V_0$ |
| ⑨ $-\frac{3}{2}(a-1)^2p_0V_0$ | ⑩ $\frac{3}{2}(a-1)^2p_0V_0$ |
| ⑪ $-\frac{1}{2}(a^2-1)p_0V_0$ | ⑫ $\frac{1}{2}(a^2-1)p_0V_0$ |
| ⑬ $-\frac{3}{2}(a^2-1)p_0V_0$ | ⑭ $\frac{3}{2}(a^2-1)p_0V_0$ |

問 5 このサイクルを熱機関として利用したときの熱効率 e はいくらか。最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。 $e =$ 24

- | | | | |
|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| ① $\frac{a-1}{2(a+1)}$ | ② $\frac{a-1}{2(a+2)}$ | ③ $\frac{a-1}{2(a+3)}$ | ④ $\frac{a-1}{2(a+4)}$ |
| ⑤ $\frac{a-1}{a+1}$ | ⑥ $\frac{a-1}{a+2}$ | ⑦ $\frac{a-1}{a+3}$ | ⑧ $\frac{a-1}{a+4}$ |
| ⑨ $\frac{2(a-1)}{a+1}$ | ⑩ $\frac{2(a-1)}{a+2}$ | ⑪ $\frac{2(a-1)}{a+3}$ | ⑫ $\frac{2(a-1)}{a+4}$ |

問 6 状態 A における気体の温度を T_0 とするとき、B→C の過程で最も温度が高くなったときの温度 T_{max} はいくらか。最も適当なものを、次のうちから一つ選べ。 $T_{max} =$ [K]

- | | | |
|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| ① $\frac{a^2}{2} T_0$ | ② $\frac{a^2}{3} T_0$ | ③ $\frac{a^2}{4} T_0$ |
| ④ $\frac{a^2}{5} T_0$ | ⑤ $\frac{a^2 + 1}{2} T_0$ | ⑥ $\frac{a^2 + 1}{3} T_0$ |
| ⑦ $\frac{a^2 + 1}{4} T_0$ | ⑧ $\frac{a^2 + 1}{5} T_0$ | ⑨ $\frac{(a + 1)^2}{2} T_0$ |
| ⑩ $\frac{(a + 1)^2}{3} T_0$ | ⑪ $\frac{(a + 1)^2}{4} T_0$ | ⑫ $\frac{(a + 1)^2}{5} T_0$ |

第7問 次の文章を読み、下の問(問1～3)に答えよ。

ある金属で光電効果を観測したときの入射光の振動数 ν (Hz)と阻止電圧 V_0 (V)の関係は図1のようになった。電気素量は $e = 1.60 \times 10^{-19}$ C、プランク定数は $h = 6.63 \times 10^{-34}$ J·s を用いよ。

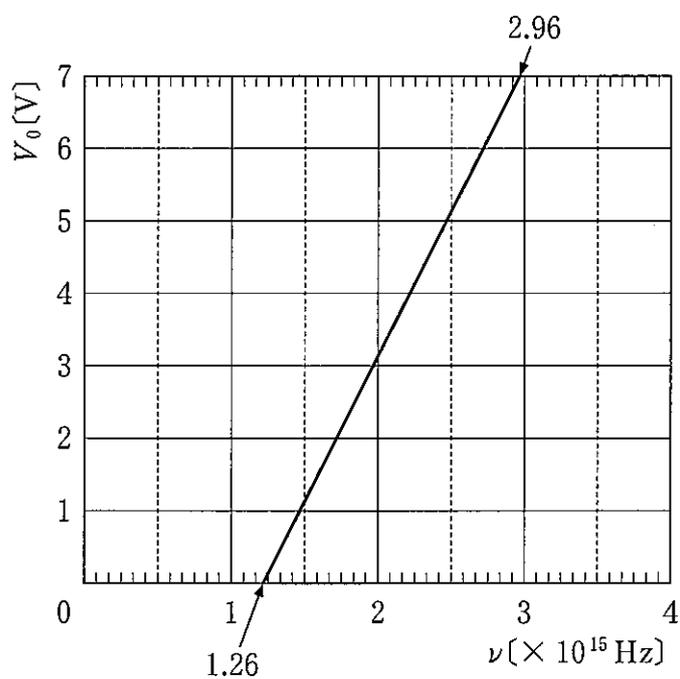


図1

問 1 光電効果に関する記述内容として誤っているものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

26

- ① 飛び出した光電子の運動エネルギーの最大値は、光の振動数が大きいほど、また光の強さが強いほど大きくなる。
- ② 振動数が一定のまま光を強くしていくと、飛び出す光電子の数は増える。
- ③ X線を当てても光電効果は起き得る。
- ④ 図1から求められるプランク定数 h_0 と与えられたプランク定数 h との差の絶対値 $|h - h_0|$ の大きさは $0.1 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 以下である。

問 2 表 1 はさまざまな金属の仕事関数の値である。図 1 で用いた金属として考えられるものはどれか。最も適切なものを、解答群から一つ選べ。 27

表 1

金属	仕事関数 [eV]
セシウム	1.8
ナトリウム	2.3
マグネシウム	3.7
アルミニウム	4.1
タングステン	4.5
ニッケル	5.2
白金	5.8

27 の解答群

- | | | |
|----------|----------|----------|
| ① セシウム | ② ナトリウム | ③ マグネシウム |
| ④ アルミニウム | ⑤ タングステン | ⑥ ニッケル |
| ⑦ 白金 | | |

問 3 以下の問(a), (b)に答えよ。

(a) 仕事関数が 1.9 eV のある金属を陰極と陽極とし, 光の振動数を $8.0 \times 10^{14} \text{ Hz}$ としたときの阻止電圧 [V] はいくらか。最も適切なものを, 次のうちから一つ選べ。 [V]

- ① 1.4 ② 2.2 ③ 2.2×10^{-19} ④ 1.4×10^{-19}
 ⑤ 2.4×10^{-15} ⑥ 1.2×10^{19} ⑦ 2.4×10^{-4} ⑧ 2.4

(b) 陰極と陽極を仕事関数の大きな金属に変えて光電効果を観測すると, 陽極の電位 (横軸) と光電流 (縦軸) の関係を示すグラフの概形は, 図 2 の破線から実線に変化する。最も適切なものを, 次のうちから一つ選べ。ただし, 他の条件は変えないものとする。

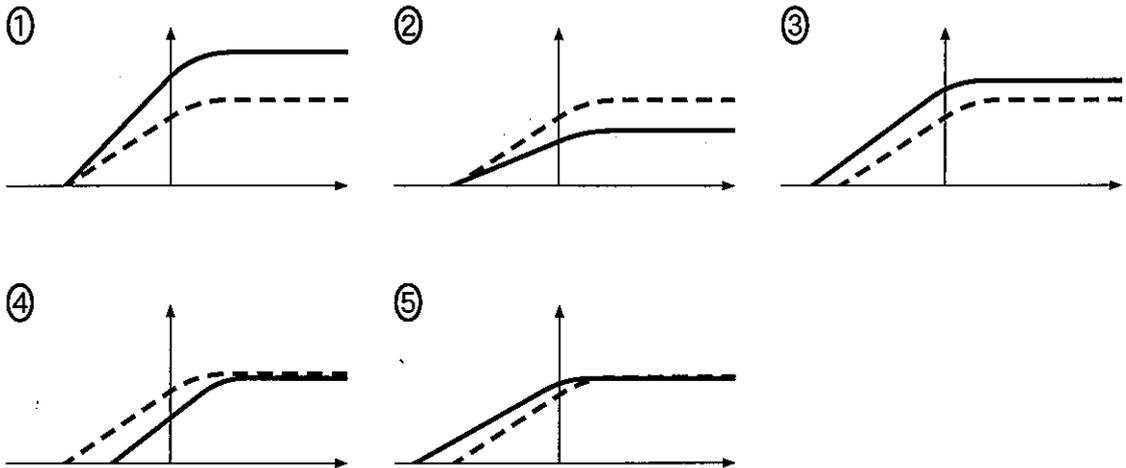


図 2

第8問 以下の問1～2に答えよ。

問1 次の①～④はボーアの理論に関連する記述である。記述内容として正しいものを二つ選べ。 30

- ① 量子条件を満たす状態の原子中における電子はエネルギーを失わず定常状態となる。電子の質量を m [kg]、速さを v [m/s]、軌道半径を r [m]、プランク定数を h [J·s]、量子数を n とすると、量子条件は

$$2\pi r = n \cdot \frac{h}{mv}$$

と表すことができる。

- ② 水素原子内の電子が原子核の周りを等速円運動しているモデルによると、電子の静電気力による位置エネルギー (U) に対する運動エネルギー (K) の比 (K/U) は $1/4$ である。ただし、位置エネルギーの基準を無限遠にとる。
- ③ 水素原子において、量子数が $n = 1$ の状態を基底状態といい、 $n \geq 2$ の状態を励起状態という。
- ④ 太陽光の連続スペクトルの中に見られる多くの暗線(フラウンホーファー線)は、太陽や地球の大気に含まれる原子の原子核によって光が散乱されるために生じる。

問 2 図 1 は、水素原子のエネルギー準位 E_n ($n = 1, \dots, 6$) である。矢印は準位間の遷移を表している。ここで n は量子数であり、各 E_n の値は表 1 に示してある。

電子がある軌道から他の軌道に移るとき放出される光の線スペクトルを考える。図 1 に示したエネルギー準位間の遷移のうち、波長が $3.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ から $5.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の範囲の光に対応する線スペクトルの本数は何本か。最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。ただし、電気素量は $e = 1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、プランク定数は $h = 6.6 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$ 、光速は $c = 3.0 \times 10^8 \text{ m/s}$ を用いよ。

[本]

- | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|------|------|
| ① 0 | ② 1 | ③ 2 | ④ 3 | ⑤ 4 | ⑥ 5 |
| ⑦ 6 | ⑧ 7 | ⑨ 8 | ⑩ 9 | ⑪ 10 | ⑫ 11 |

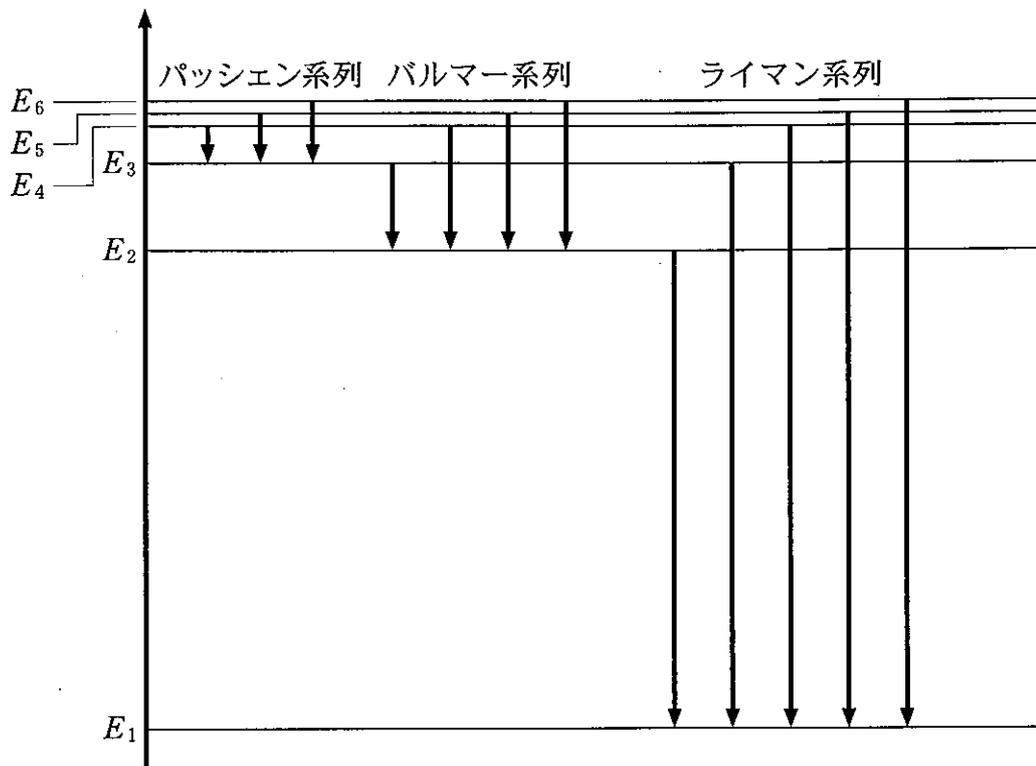


図 1

表 1

	エネルギー[eV]
E_1	- 13.6
E_2	- 3.42
E_3	- 1.52
E_4	- 0.856
E_5	- 0.547
E_6	- 0.380

化 学

(注意) 問題文中に指定がない場合、解答にあたって必要ならば、次の数値および条件を用いよ。

原子量：H = 1.01, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0, Na = 23.0,
S = 32.1, Cl = 35.5, Ca = 40.1, Cr = 52.0, Cu = 63.5,
Zn = 65.4, Ag = 107.9, I = 126.9

気圧：1.00 atm = 1.01×10^5 Pa

0.0 °C の絶対温度： $T = 273.0$ K

標準状態の気体 1.00 mol の体積：22.4 L

気体定数： $R = 8.31 \times 10^3$ Pa·L/(K·mol)

気体はすべて、理想気体としてふるまうものとする。

第 1 問 以下の問 1 ~ 5 の各群の①~⑤の中には、それぞれの問いの指示に該当するものが一つだけあるか、一つもないかのいずれかである。指示に該当するものが①~⑤の中に存在する場合は、①~⑤のうちから最も適切なものを一つ選べ。該当するものがない場合は⑥を選べ。

問 1

1

指示：誤りを含むもの

- ① 原子を構成する電子は、原子の中心にある原子核の周囲に、いくつかの層(電子殻)に分かれて存在している。電子殻は、原子核に近い内側から順に K 殻, L 殻, M 殻, N 殻・・・と呼ぶ。
- ② 原子の原子核にある陽子は正の電荷を持ち、中性子は電荷を持たないので、原子核は全体として正の電荷を持っている。
- ③ 各電子殻への電子の入り方を電子配置という。
- ④ 原子を構成する陽子の数、中性子の数、および電子の数の和を、その原子の質量数という。
- ⑤ 原子番号と質量数を含めて原子を表す場合、元素記号の左上に質量数、左下に原子番号を書く。
- ⑥ (①~⑤のどこにも誤りは含まれていない。)

問 2

2

指示：誤りを含むもの

- ① タンパク質を構成する成分となる α -アミノ酸はすべて、アミノ基とカルボキシ基の両方に結合した炭素原子を分子内に持つ。
- ② α -アミノ酸の水溶液の pH を変化させると、陽イオン、双性イオン、および陰イオンの割合が変化する。
- ③ α -アミノ酸は、アルコールと反応させることでエステルに、無水酢酸 $(\text{CH}_3\text{CO})_2\text{O}$ と反応させることでアミドに、それぞれ変換することができる。
- ④ 二つの α -アミノ酸分子において、一方のアミノ酸が持つカルボキシ基と他方のアミノ酸が持つアミノ基とが脱水縮合を起こすと、ジペプチドが生成する。
- ⑤ グリシンは不斉炭素原子を持たないので、鏡像異性体の一方である L 体のみが存在する。
- ⑥ (①~⑤のどこにも誤りは含まれていない。)

問 3 3

指示：誤りを含まないもの

- ① イギリスのボイルは、一定圧力 P のもとで、内容積可変の密閉容器に入れた一定質量の気体の温度 T を 1 K 上下させるごとに、この気体の体積 V は 0°C のときの体積 V_0 の $1/273$ 倍ずつ増減することを発見した。
- ② ボイル・シャルルの法則から、一定質量の気体の体積 V は、その気体の圧力 P に比例し、絶対温度 T に反比例することがわかる。
- ③ 気体の状態方程式において、圧力 P に $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、体積 V に 1.00 L 、物質量 n に 1.00 mol 、温度 T に 273.0 K を代入すると、気体定数 $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa}\cdot\text{L}/(\text{K}\cdot\text{mol})$ が導かれる。
- ④ 気体の体積 V が理論上 0 となる温度 (-273.0°C) を原点として、セルシウス温度の目盛りと同じ間隔で表した温度を絶対温度という。
- ⑤ 混合気体の平均分子量(見かけの分子量) \bar{M} は、この混合気体に含まれる各成分について気体の物質量 n [mol] とモル分率の積を計算し、それらのすべての計算値を足し合わせることでより求めることができる。
- ⑥ (①~⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 4 4

指示：誤りを含まないもの

- ① 2-プロパノールは 2 価のアルコールである。
- ② アルコールは、分子量が同程度の炭化水素に比べて高い沸点を持つ。これは、アルコール分子内のヒドロキシ基(-OH)が分子内で水素結合していることによる。
- ③ グリセリンのヒドロキシ基の一つをエステル化するとき、元のグリセリンが持っていた炭素原子が一つだけ不斉炭素原子になる場合と一つもならない場合の両方が考えられる。
- ④ 硫酸水銀 HgSO_4 触媒下でエチレン(エテン) C_2H_4 に水を付加させると、不安定なビニルアルコールが生成する。
- ⑤ 硫酸酸性下、二クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 水溶液中で第一級アルコールを加熱すると、ケトンを経てカルボン酸が生成する。
- ⑥ (①~⑤のすべてに誤りが含まれている。)

問 5

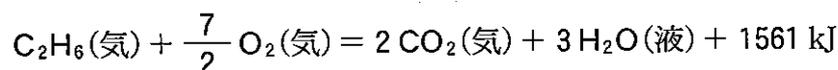
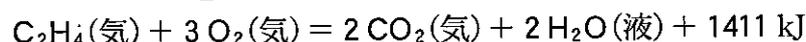
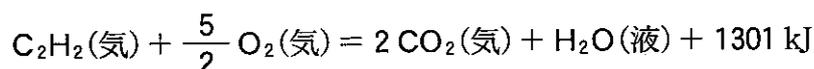
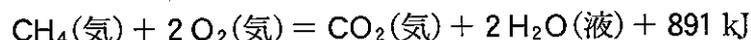
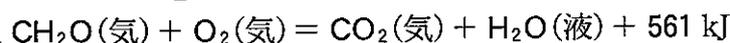
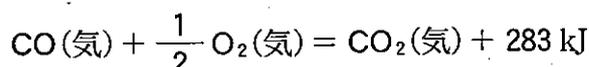
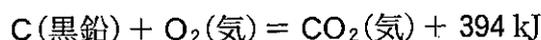
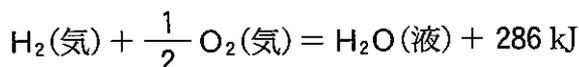
5

指示：誤りを含まないもの

- ① ベンゼン C_6H_6 では、これを構成するすべての原子が同一平面上にある。
6 個の炭素原子 C は正六角形の各頂点に位置し、それぞれの炭素原子に水素原子 H が 1 個ずつ結合している。
- ② ベンゼンを構成している炭素-炭素結合は、単結合と三重結合が交互に配置されており、6 個の炭素原子間の結合の長さはすべて同じで、C-C 結合と $C \equiv C$ 結合の中間的な状態にある。
- ③ ベンゼンの 6 個の水素原子のうち 2 個を塩素原子に置換した、ジクロロベンゼン $C_6H_4Cl_2$ には、一つ目の塩素原子の *o*(オルト)-位に二つ目の塩素原子が結合したものが 2 種類、*m*(メタ)-位に結合したものが 2 種類、*p*(パラ)-位に結合したものが 1 種類の、合計 5 種類の構造異性体が存在する。
- ④ 鉄粉を触媒としてベンゼンに塩素 Cl_2 を反応させると、両者の間で付加反応が起こり、クロロベンゼンが生成する。
- ⑤ ニッケル Ni を触媒として、高温・高圧でベンゼンに水素 H_2 を付加させると、ヘキサンが生成する。
- ⑥ (①~⑤のすべてに誤りが含まれている。)

第2問 気体の燃焼に関する以下の各問い(問1～5)に答えよ。ただし、混合気体の燃焼の実験においては、成分気体同士は互いに反応しない(可燃性の気体がそれぞれ酸素とのみ反応する)ものとする。

なお、燃焼反応は常に次の25.0℃、1.00 atmにおける各熱化学方程式に従うものとする。



問1 標準状態にある以下の①～⑧の各物質 (1) 1.00 L, (2) 1.00 g を、それぞれ完全燃焼させたとき、発生する熱量が一番大きいものはどれか。最も適切なものを、以下の①～⑧のうちから一つ選べ。なお、(1)の答えは解答欄

, (2)の答えは解答欄 に、それぞれマークせよ。

(1) (2)

- | | |
|---|---|
| ① アセチレン(エチン) $\text{C}_2\text{H}_2(\text{気})$ | ② 一酸化炭素 $\text{CO}(\text{気})$ |
| ③ エタン $\text{C}_2\text{H}_6(\text{気})$ | ④ エチレン $\text{C}_2\text{H}_4(\text{気})$ |
| ⑤ 水素 $\text{H}_2(\text{気})$ | ⑥ 二酸化炭素 $\text{CO}_2(\text{気})$ |
| ⑦ ホルムアルデヒド $\text{CH}_2\text{O}(\text{気})$ | ⑧ メタン $\text{CH}_4(\text{気})$ |

問2 エタンとエチレンを、合計1.00 molとなるように混合し、すべて完全燃焼させたところ、1515 kJの熱量が発生した。この混合気体中に含まれていたエチレンの質量は何gか。最も近い数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。

g

- | | | | | |
|---------|---------|--------|--------|--------|
| ① 0.307 | ② 0.693 | ③ 1.71 | ④ 1.83 | ⑤ 8.60 |
| ⑥ 9.22 | ⑦ 19.4 | ⑧ 20.8 | ⑨ 26.3 | ⑩ 28.2 |

問 3 エタン，エチレン，水素，二酸化炭素を物質量比 16.0 : 15.0 : 42.0 : 27.0 で混合したものを，混合気体 A とする。標準状態の混合気体 A 5.00 L をすべて完全燃焼させるために最低限必要な酸素の物質量は何 mol か。最も近い数値を，以下の①～⑪のうちから一つ選べ。ただし，酸素は完全燃焼にのみ 100 % 使われたとする。

9 mol

- | | | | |
|---------|---------|---------|---------|
| ① 0.163 | ② 0.223 | ③ 0.272 | ④ 0.303 |
| ⑤ 0.444 | ⑥ 0.505 | ⑦ 3.65 | ⑧ 6.10 |
| ⑨ 6.78 | ⑩ 9.95 | ⑪ 11.3 | |

問 4 標準状態の混合気体 A 5.00 L をすべて完全燃焼させたときに発生する熱量は何 kJ か。最も近い数値を，以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

10 kJ

- | | | | |
|--------|--------|---------|--------|
| ① 130 | ② 147 | ③ 212 | ④ 246 |
| ⑤ 582 | ⑥ 658 | ⑦ 2908 | ⑧ 3290 |
| ⑨ 4757 | ⑩ 5521 | ⑪ 13026 | |

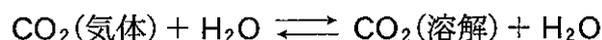
問 5 内部を真空にした内容積可変の空の密閉容器に標準状態で 5.00 L の混合気体 A と十分な量の酸素を加え，完全燃焼させた。その結果，燃焼によって生成した水に二酸化炭素が溶解した飽和水溶液 B が生成した。このとき，飽和水溶液 B に溶けている二酸化炭素の物質量は，密閉容器内に存在する二酸化炭素の総物質量の何 % か。最も近い数値を，以下の①～⑪のうちから一つ選べ。ただし，密閉容器内には固体は存在せず，気相中には水蒸気は存在しないものとする。なお，水の密度は 0.998 g/mL，二酸化炭素と水との化学反応の影響は無視できるとし，飽和水溶液 B には二酸化炭素が水 100 mL 当たり 2.86×10^{-3} mol 溶けているとして計算せよ。

11 %

- | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① 1.89×10^{-4} | ② 9.49×10^{-3} | ③ 6.98×10^{-2} |
| ④ 8.99×10^{-2} | ⑤ 9.49×10^{-2} | ⑥ 1.22×10^{-1} |
| ⑦ 1.36×10^{-1} | ⑧ 1.57×10^{-1} | ⑨ 1.66×10^{-1} |
| ⑩ 1.99×10^{-1} | ⑪ 2.39×10^{-1} | |

第3問 二酸化炭素に関する以下の各問い(問1～4)に答えよ。ただし、すべての実験および考察は、27.0℃、1.00 atmの条件下で行ったものとする。なお、対数の計算には次の各数値を用いよ。 $\log_{10} 2 = 3.01 \times 10^{-1}$ 、 $\log_{10} 3 = 4.77 \times 10^{-1}$ 、 $\log_{10} 5 = 6.99 \times 10^{-1}$ 、 $\log_{10} 7 = 8.45 \times 10^{-1}$

一般に、液体に溶ける気体の物質量と分圧の間には(あ)の法則が成り立つ。二酸化炭素が水に溶ける場合も、この法則が成り立つとする。



ただし、 $\text{CO}_2(\text{気体})$ は気体の二酸化炭素、 $\text{CO}_2(\text{溶解})$ は水に溶解した状態の二酸化炭素を、それぞれ表す。

この性質について調べるため、上の可逆反応に関する実験と考察を行った。

実験1：二酸化炭素の溶解

内容積可変の密閉容器に気体が溶けていない水を50 mL入れ、さらに窒素(気体)と二酸化炭素(気体)をそれぞれ下表に示した体積ずつ入れた後、十分に振り混ぜた。容器内の体積の変化が停止してから、水溶液中に溶解した二酸化炭素の物質量を測定し、結果を下表にまとめた。

表 二酸化炭素の溶解実験の結果

容器に入れた体積(mL)			水溶液中の二酸化炭素の物質量(mol)
水	窒素	二酸化炭素	
50	35	15	5.0×10^{-4}
50	20	30	1.0×10^{-3}
50	5	45	1.5×10^{-3}

ただし、二酸化炭素以外の気体の溶解が二酸化炭素の溶解度に与える影響、気体の溶解による液体の体積変化および気体の分圧の変化、密閉容器中の水蒸気圧は無視して良い。

問 1 問題文中の(あ)の法則は何か。最も適切なものを、以下の①~⑩のうちから一つ選べ。

の法則

- | | | |
|----------|-----------|-------------|
| ① ケクレ | ② シャルル | ③ ハーバー・ボッシュ |
| ④ ファラデー | ⑤ ファントホッフ | ⑥ ファンデルワールス |
| ⑦ ヘンリー | ⑧ ボイル | ⑨ ラウール |
| ⑩ ルシャトリエ | | |

問 2 空気中に含まれる二酸化炭素の割合を体積比で 0.03 % としたとき、大気下に放置された水 100 mL の中に溶解する二酸化炭素の物質量は表からいくらと考えられるか。下記のように表した場合に最も近い数値を、以下の①~⑩のうちからそれぞれ一つずつ選べ。なお、例えば 1×10^{-2} と解答する場合は、

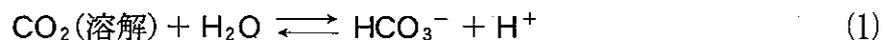
に①, には②を、それぞれマークせよ。

$\times 10^{-$ mol

- | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|
| ① 1 | ② 2 | ③ 3 | ④ 4 | ⑤ 5 |
| ⑥ 6 | ⑦ 7 | ⑧ 8 | ⑨ 9 | ⑩ 0 |

考察 1 : 二酸化炭素が溶解した水溶液の性質

二酸化炭素が溶解した水溶液では、次の可逆反応に従って電離が起これと考える。



その場合、電離定数 K_1 は以下のように示されるとする。ただし、炭酸水素イオンのさらなる電離(炭酸の 2 段階目の電離)は考えない。

$$K_1 = \frac{[\text{HCO}_3^-][\text{H}^+]}{[\text{CO}_2(\text{溶解})]} = 4.9 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \quad (2)$$

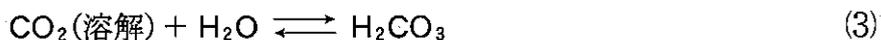
問 3 二酸化炭素水溶液の濃度が 0.01 mol/L のとき、この水溶液の pH はいくらか。最も近い数値を、以下の①~⑩のうちから一つ選べ。

15

- | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ① | 1 | ② | 2 | ③ | 3 | ④ | 4 | ⑤ | 5 |
| ⑥ | 6 | ⑦ | 7 | ⑧ | 8 | ⑨ | 9 | ⑩ | 0 |

考察2：炭酸の電離定数

考察1では、溶解した二酸化炭素と水から炭酸が生成する反応を無視して、溶解した二酸化炭素と水から炭酸水素イオンが生じるように考えたが、この考察ではさらに式(3)の可逆反応を考える。



その場合、 $[\text{H}_2\text{O}]$ の値は一定と近似すると、上の式(3)の反応の平衡定数 K_2 と $[\text{H}_2\text{O}]$ の積は下式のように一定の値を示すと考えられる。

$$K_2[\text{H}_2\text{O}] = \frac{[\text{H}_2\text{CO}_3]}{[\text{CO}_2(\text{溶解})]} = 7.0 \times 10^{-4} \quad (4)$$

問4 炭酸の電離 $\text{H}_2\text{CO}_3 \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$ の電離定数を K_3 とするとき、以上の考察に従って $-\log_{10} K_3$ の値を計算するといくらになるか。最も近い数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、式(3)の反応は速やかに平衡状態に至るとする。

$$-\log_{10} K_3 = \boxed{16}$$

- | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ① | 1 | ② | 2 | ③ | 3 | ④ | 4 | ⑤ | 5 |
| ⑥ | 6 | ⑦ | 7 | ⑧ | 8 | ⑨ | 9 | ⑩ | 0 |

第4問 マルトース $C_{12}H_{22}O_{11}$ の加水分解に関する下記の実験1～4について、以下の各問い(問1～6)に答えよ。ただし、化学反応はすべて100%進行するものとする。

実験1：水を含むマルトース 2.52 g を水に溶かして 15.00 mL とし、溶質としてマルトースのみを含む水溶液 A を得た。

実験2：0.160 mol/L 硫酸 1.25 mL に水溶液 A を 3.00 mL 加えて得た水溶液 B を穏やかに加熱し、マルトースを加水分解した。その後、反応混合物を元の水溶液 B と同じ温度まで放冷して水溶液 C を得た。この実験において水の蒸発はなく、水溶液 C の体積は水溶液 B のそれと同じであった。

実験3：水溶液 C に純粋な炭酸水素ナトリウムの粉末を加えたところ、気体 D が発生した。発生する気体 D の体積は、加える炭酸水素ナトリウムの質量が増すにつれて増加し、加える炭酸水素ナトリウムの質量を X g としたときに最大となった。なお、気体 D の水に対する溶解は気体 D の発生量には影響しないものとする。

実験4：実験3で気体 D が発生し終わった水溶液に、マルトースの加水分解によって生成した物質をすべて反応させるために十分な量のフェーリング溶液を加えて加熱すると、赤色の沈殿 E が 0.400 g 生成した。

問 1 マルトース 1.00 mol を完全に加水分解すると得られる物質とその物質質量を示す記述として最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

17

- ① グルコース 2.00 mol
- ② フルクトース 2.00 mol
- ③ マンノース 2.00 mol
- ④ ガラクトース 2.00 mol
- ⑤ グルコース 1.00 mol
- ⑥ グルコース 1.00 mol とフルクトース 1.00 mol からなる混合物
- ⑦ グルコース 1.00 mol とマンノース 1.00 mol からなる混合物
- ⑧ グルコース 1.00 mol とガラクトース 1.00 mol からなる混合物
- ⑨ フルクトース 1.00 mol とマンノース 1.00 mol からなる混合物
- ⑩ フルクトース 1.00 mol とガラクトース 1.00 mol からなる混合物
- ⑪ マンノース 1.00 mol とガラクトース 1.00 mol からなる混合物

問 2 気体 D は何か。最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

18

- ① アンモニア ② 一酸化炭素 ③ 一酸化窒素 ④ 塩化水素
- ⑤ 酸素 ⑥ 水素 ⑦ 窒素 ⑧ 二酸化硫黄
- ⑨ 二酸化炭素 ⑩ 二酸化窒素 ⑪ 硫化水素

問 3 実験 3 で加えた炭酸水素ナトリウムの質量 X g として最も近い数値を、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。ただし、実験 2 で用いた硫酸はマルトースの加水分解触媒としてのみ働き、その後実験 3 で炭酸水素ナトリウムの粉末を加えるまでは全く消費されなかったものとする。

19 g

- ① 8.80×10^{-3} ② 1.05×10^{-2} ③ 1.68×10^{-2}
- ④ 1.76×10^{-2} ⑤ 2.12×10^{-2} ⑥ 2.84×10^{-2}
- ⑦ 3.36×10^{-2} ⑧ 4.24×10^{-2} ⑨ 4.80×10^{-2}
- ⑩ 6.72×10^{-2} ⑪ 1.00×10^{-1}

問 4 沈殿 E は何か。最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

20

- ① 塩化銀 ② 塩化銅(Ⅱ) ③ 銀 ④ クロム酸銀
⑤ 酸化銀 ⑥ 酸化銅(Ⅰ) ⑦ 酸化銅(Ⅱ) ⑧ 水酸化銀
⑨ 水酸化銅(Ⅰ) ⑩ 銅 ⑪ ヨードホルム

問 5 実験 1～4 の結果から、この実験に用いたマルトース 2.52 g 中には水が何% (質量パーセント) 含まれていたことになるか。最も近い数値を、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。ただし、実験 2 でマルトースの加水分解によって生成した物質はすべて、フェーリング反応に使われたものとする。また、フェーリング反応により、単糖 1.00 mol あたり、沈殿 E が 1.00 mol 得られるものとする。

21 %

- ① 3.97×10^{-2} ② 5.00×10^{-2} ③ 6.20×10^{-1}
④ 8.10×10^{-1} ⑤ 9.50×10^{-1} ⑥ 5.00
⑦ 19.0 ⑧ 50.0 ⑨ 62.0
⑩ 81.0 ⑪ 95.0

問 6 水溶液 A のモル濃度は何 mol/L か。最も近い数値を、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

22 mol/L

- ① 9.32×10^{-2} ② 1.40×10^{-1} ③ 1.68×10^{-1}
④ 4.66×10^{-1} ⑤ 4.91×10^{-1} ⑥ 6.99×10^{-1}
⑦ 8.39×10^{-1} ⑧ 9.32×10^{-1} ⑨ 1.55
⑩ 2.33 ⑪ 4.19

生 物

(注意) 計算値の解答をマークするときは、桁に満たない解答欄には0を選んでマークせよ。

第1問 以下の問い(問1～6)に示す語句について、①～⑤の中に誤っているものが一つあるか、あるいは①～⑤のすべてが正しいかのどちらかである。①～⑤の中に誤りがある場合にはその記号を、①～⑤のすべてが正しい場合には⑥を選んで、解答欄にマークせよ。なお、補足の文章がある問いはその文章を読んでから解答せよ。解答番号 ～

問1 日本の本州中部におけるバイオームの垂直分布

- ① 一般に、標高が100 m高くなると気温は0.5～0.6℃低くなるため、高山では標高の低い方から高い方に応じて、低緯度から高緯度への変化と同じようなバイオームの分布がみられる。
- ② 一番標高の低い地帯は丘陵帯(低地帯)と呼ばれ、スダジイやアラカシなどの常緑広葉樹がみられる。
- ③ 山地帯には本州東北部の丘陵帯(低地帯)でみられるものと同じような夏緑樹林が分布し、ブナやミズナラなどの落葉広葉樹がみられる。
- ④ 亜高山帯には亜寒帯地域と同様に針葉樹林が分布し、シラビソやコメツガなどの落葉針葉樹がみられる。
- ⑤ 標高2500 mよりも高い地帯は高山帯と呼ばれ、ハイマツなどの低木が分布し、夏にはコマクサなどの高山草原(お花畑)がみられる。
- ⑥ ①～⑤のすべての選択肢は正しい。

問 2 細胞骨格 2

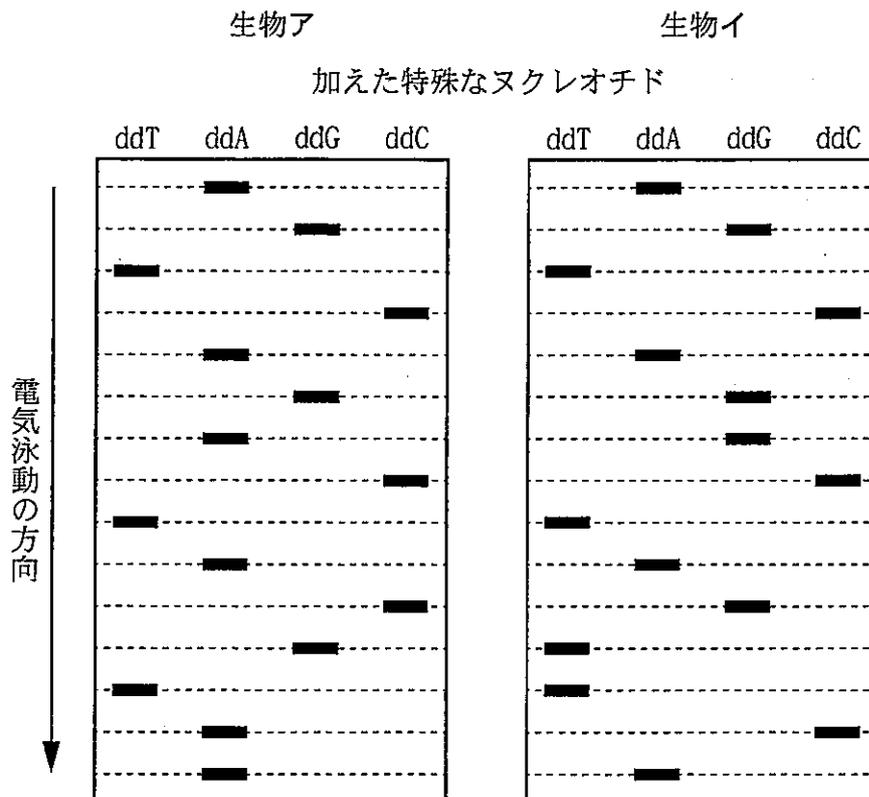
- ① アクチンフィラメントは、球状タンパク質であるアクチンが連なった繊維状構造をしており、原形質流動やアメーバ運動に関与する。
- ② アクチンフィラメントは、タンパク質が集合して円盤状になった構造と細胞内で結合することで、固定結合の一種を構成する。
- ③ 中間径フィラメントは、繊維状のタンパク質を束ねたような構造で、細胞膜の内側に位置して細胞の形を保つ。
- ④ 微小管は、チューブリンが多数結合して管状構造になったもので、細胞骨格のなかでは最も太い繊維である。
- ⑤ 微小管は、方向性を持ち、モータータンパク質であるダイニンは微小管上を＋端から－端へ移動する。
- ⑥ ①～⑤のすべての選択肢は正しい。

問 3 細胞の呼吸 3

- ① 呼吸は、真核生物では従属栄養生物も独立栄養生物も行う反応で、酸素を用いて有機物を分解してATPを合成する異化の過程である。
- ② 細胞質基質で行われる解糖系では、1分子のグルコースから2分子のピルビン酸と2分子のNADHと2個の H^+ が生じ、差し引き2分子のATPが合成される。
- ③ ミトコンドリアのマトリックスで行われる反応では、1分子のピルビン酸がミトコンドリアに入ってからクエン酸回路を一周するまでの間に、 CO_2 は2分子、ATPは1分子生じる。
- ④ 電子伝達系では、NADHや $FADH_2$ から放出された電子は電子伝達系を構成するタンパク質に次々に受け渡されていき、最終的に O_2 を還元して H_2O が生じる。
- ⑤ H^+ が、濃度勾配にしたがってミトコンドリアの膜間腔(膜間)からマトリックスに向かってATP合成酵素を通過する際、ADPとリン酸からATPが合成される。
- ⑥ ①～⑤のすべての選択肢は正しい。

問 4 DNA の塩基配列決定法とその結果の解釈 4

2種の生物(生物アと生物イ)がともにもつ遺伝子の相同領域のDNA塩基配列をサンガー法で決定した。塩基配列を決定したい1本鎖DNAを含む溶液を4つのチューブに分け、そのすべてにDNA合成に必要な酵素や材料などを加えた。さらに、この反応液のそれぞれに、特殊な4種類のヌクレオチド(ddT, ddA, ddG, ddC)のうちいずれか1種類を適切な濃度で加えてDNAを合成した。特殊なヌクレオチドが新生DNA鎖に取り込まれると、その時点でDNA合成が停止する。その後、4種類の反応液中で合成されたDNAを電気泳動した。その泳動パターンを図に示す。



図

注) 破線は、各レーンのバンドの位置をわかりやすくするための線である。

- ① サンガー法での DNA 合成では、PCR 法と異なりプライマーは 1 種類しか用いない。
- ② 電気泳動の緩衝液中で DNA は負の電荷を帯び、短い DNA 断片ほど泳動距離が長くなる。
- ③ 塩基配列を決定した領域で、生物アと生物イの間には 4 箇所の塩基の違いがみられた。
- ④ 塩基配列を決定した生物アの DNA 鎖のグアニンの割合は、20 % であった。
- ⑤ 塩基配列を決定した生物イの DNA 鎖の塩基配列は、
5' - ACTTGATCGGACTGA -3' であった。
- ⑥ ①～⑤のすべての選択肢は正しい。

問 5 植物の分類とその特徴 5

- ① 植物は光合成を行う多細胞の真核生物であり、コケ植物、シダ植物、種子植物である裸子植物と被子植物に分けられ、最も近縁な原生生物はシャジクモ類である。
- ② コケ植物にはスギゴケなどがあり、維管束をもたず、野外で普通に見かける植物体は配偶体(n)で、配偶体上に造精器と造卵器ができ、受精には水が必要となる。
- ③ シダ植物にはイヌワラビなどがあり、野外で普通に見かける植物体は維管束をもつ孢子体($2n$)で、孢子のうでつくられた孢子は飛散・発芽して前葉体になる。
- ④ 胚珠が裸出している裸子植物は維管束をもち、イチョウでは胚珠の内部に引き込まれた花粉から花粉管が生じ、放出された 2 個の精子が卵細胞と胚乳細胞とそれぞれ融合して、受精卵と胚乳($2n$)が形成される。
- ⑤ 子房の中に胚珠がある被子植物は維管束をもち、ナズナでは胚のうに到達した花粉管が破れ、胚のう中に放出された 2 個の精細胞が卵細胞と中央細胞とそれぞれ融合して、受精卵と胚乳($3n$)が形成される。
- ⑥ ①～⑤のすべての選択肢は正しい。

問 6 検定交雑の結果の解釈 6

ある植物は、一本の染色体上に3つの遺伝子座(遺伝子座ウ、遺伝子座エ、遺伝子座オ)をもつ。それぞれの遺伝子座には2つの対立遺伝子(U と u 、 E と e 、 O と o)が存在し、大文字は小文字に対して優性である。遺伝子型が $UUEEOO$ の個体と $uueeo$ の個体を交雑し、雑種第一代(F_1)を得た。 F_1 を検定交雑した結果、得られた子の遺伝子型とその個体数は表のようになった。なお、これら3つの遺伝子座を含む領域で、染色体の乗換えの起こりやすさは変わらず、乗換えが3回以上起こることはないものとする。

表

遺伝子型	個体数
$UuEeOo$	1113
$UuEeoo$	45
$UueeOo$	105
$Uueeoo$	249
$uuEeOo$	261
$uuEeoo$	117
$uueeOo$	54
$uueeoo$	1056
合計	3000

- ① 遺伝子座ウと遺伝子座エの間の組換え価は24.4%である。
- ② 遺伝子座エと遺伝子座オの間の組換え価は10.7%である。
- ③ 遺伝子座ウと遺伝子座エの間に遺伝子座オがある。
- ④ 遺伝子座ウと遺伝子座エの間で染色体の乗換えが起こる確率は31.0%である。
- ⑤ 遺伝子座ウと遺伝子座エの間で染色体の乗換えが2回起こる確率は3.3%である。
- ⑥ ①～⑤のすべての選択肢は正しい。

第2問 次の文章Ⅰ～Ⅲを読んで、以下の問い(問1～10)に答えよ。解答番号

7 ~ 21

Ⅰ 哺乳類の腎臓の重要な機能は老廃物の除去と体液中の溶質と水の量をほぼ一定に保つことである。このため、腎小体には糸球体が、細尿管(腎細管)のまわりには細尿管周囲毛細血管と呼ばれる毛細血管があり、これら2つの毛細血管網が直列に配列されている(図1)。哺乳類の腎臓へ供給される血液は腎動脈からのみ入り、腎静脈から出ていく。すなわち、腎臓に入った血液は、腎動脈から細かく枝分かれした細い動脈(輸入細動脈)を通して糸球体に入り、再び細い動脈(輸出細動脈)に集められた後、細尿管周囲毛細血管を通して腎静脈へと向かう。

腎小体では、血圧によって血しょうの一部がポーマンのうへこし出されて原尿となる(ろ過, 図1 a)。細尿管へ送られた原尿からは、必要な量の溶質と水が細尿管周囲毛細血管に戻され、細尿管に続く集合管でも一部の溶質と水が戻される(再吸収, 図1 b)。こうして尿は腎うへ送られる(排泄, 図1 d)。さらに、尿の生成には分泌という過程も含まれている(図1 c)。これは、細尿管周囲毛細血管を流れる血液中の溶質の一部が細尿管や集合管を流れる溶液(管内液)中に加えられる過程である。図2に、血液中のいくつかの溶質が受ける処理の例を示す。

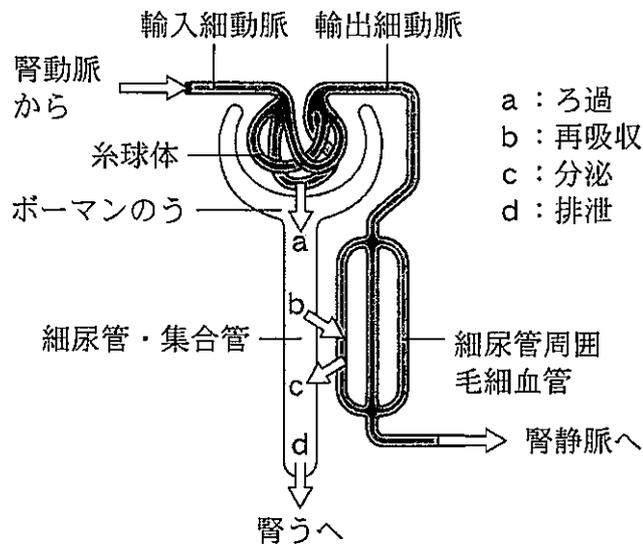


図1

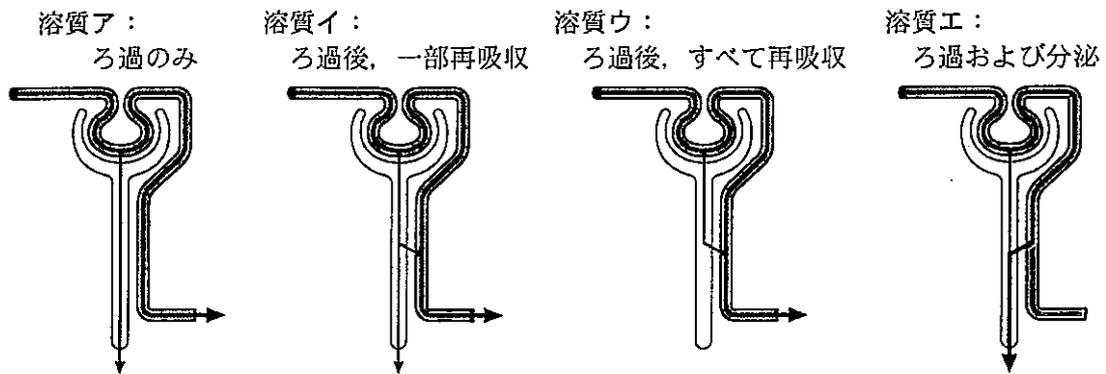


図 2

問 1 文章中の下線部 A に関して，健康なヒトでは，ボーマンのうへこし出される(ろ過される)血しょうの量は輸入細動脈と輸出細動脈の収縮によって比較的一定に保たれている。全身の血圧が低下したとき，ろ過量を一定に保つため，どのようなことが起こると考えられるか。最も適当なものを，次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① 輸入細動脈が収縮して，輸出細動脈も収縮する。
- ② 輸入細動脈が収縮して，輸出細動脈は収縮しない。
- ③ 輸入細動脈は収縮せず，輸出細動脈が収縮する。
- ④ 輸入細動脈は収縮せず，輸出細動脈も収縮しない。

問 2 文章中の下線部 B に関して，一般に，ヒトの 1 日当たりのカリウムイオンのろ過量，再吸収量，排泄量は，それぞれ 29.6 g，28.4 g，3.60 g である。尿の生成過程におけるカリウムイオンに関する記述として誤っているものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- ① ろ過されるカリウムイオンのおよそ 96 % が再吸収される。
- ② 原尿中に含まれるカリウムイオンの 12 % が排泄される。
- ③ カリウムイオンの 1 日当たりの分泌量は 2.40 g である。
- ④ 管内液中に加えられるカリウムイオンの量は，1 日に排泄される量のおよそ 3 分の 2 である。
- ⑤ カリウムイオンは，図 2 の溶質イと溶質エの処理をあわせたような処理を受ける。

問 3 健康なヒトに適切な量のイヌリンを静脈注射した後、血しょう、原尿、尿におけるイヌリンと尿素の濃度を測定した。表にその結果を示す。また、尿の生成量は1分間に1.20 mLであった。尿素の再吸収量は1分間当たり何 mg か。必要ならば小数点以下第二位を四捨五入して答えよ。なお、イヌリンは図2の溶質アと同様に、尿素は溶質イと同様に処理される。また、イヌリンは通常ヒトの体内には存在しない。

. mg/分

表

物質 (mg/mL)	血しょう	原尿	尿
尿素	0.250	0.250	17.0
イヌリン	1.00	1.00	125

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

問 4 図2の溶質アのような物質を用いることで、血しょうのろ過量を求めることができる。したがって、図2の溶質エのように、腎臓で血液中から完全に除去される物質を用いれば、腎臓を流れる全血しょう量を求めることができる。パラアミノ馬尿酸(PAH)は、図2の溶質エと同様に処理され、大部分が除去されるが、腎臓を通過したPAHの10%は血液中に残る。健康なヒトに適切な量のPAHを静脈注射した後、PAH濃度を測定したところ、腎臓に入る前の血しょうでは0.0100 mg/mL、尿では5.85 mg/mLであった。また、尿の生成量は1分間に1.00 mLであった。腎臓を流れる全血液量は何 mL/分か。必要ならば一の位を四捨五入して答えよ。なお、このヒトの血液中の有形成分の容量の割合は45%であった。また、PAHは通常ヒトの体内には存在しない。

0 mL/分

- ① 1 ② 2 ③ 3 ④ 4 ⑤ 5
 ⑥ 6 ⑦ 7 ⑧ 8 ⑨ 9 ⑩ 0

問 5 健康なヒトでは、グルコースは、図 2 の溶質ウと同様に処理される。これは細尿管上皮細胞のグルコース輸送体の働きによるものである。図 3 に、ヒトにおける血しょう中のグルコース濃度と 1 分間にろ過、再吸収、排泄されるグルコース量の関係を示す。この図から分かることとして、不適切なものはどれか。次の①～⑥のうちから二つ選び、解答番号 15 の解答欄に二つマークせよ。

15

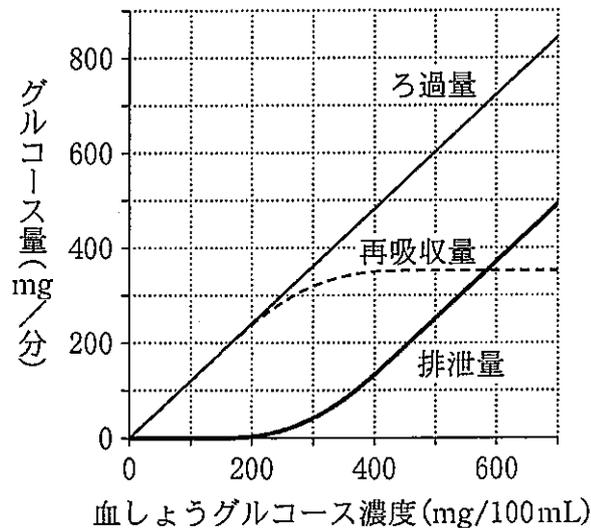


図 3

- ① グルコース輸送体の最大輸送能力は、腎臓全体でおよそ 350 mg/分である。
- ② グルコース輸送体の数(発現量)は、個々のネフロンでほぼ同数である。
- ③ 腎臓全体のグルコース輸送体のグルコース結合部位が飽和していなくても、グルコースの尿中への排泄が起こる。
- ④ 血しょうグルコース濃度が 100 mg/100 mL のとき、グルコースのろ過量は、およそ 120 mg/分である。
- ⑤ 血しょうグルコース濃度がおよそ 580 mg/100 mL を超えると、グルコースは管内液中に分泌される。
- ⑥ 適切な治療がなされていない糖尿病の患者では、血しょうグルコース濃度がしばしば 200 mg/100 mL を超える。

II 輸入細動脈の血管壁を構成する細胞の中には、多量の出血などで糸球体でのろ過量が減少すると、レニンと呼ばれるタンパク質を分泌するものがある(図4)。レニンは、肝臓で産生・分泌される血しょうタンパク質のアンギオテンシノーゲンに作用してアンギオテンシンIを産生する。アンギオテンシンIが肺の毛細血管を通過するとき、内皮細胞に存在するアンギオテンシン変換酵素の働きによってアンギオテンシンIIが産生される。アンギオテンシンIIの働きのひとつは、副腎皮質からの鉱質コルチコイドの分泌を促進し、細尿管・集合管でのナトリウムイオンの再吸収を促進することである。この時、ナトリウムイオンの再吸収量に見合った水の再吸収が起こるため、血液量が回復し、糸球体でのろ過量も回復する。

鉱質コルチコイドは、標的となる細尿管・集合管の上皮細胞に作用し、組織液に面した側(毛細血管側)の細胞膜のナトリウムポンプと細尿管・集合管の内腔に面した側(管腔側)の細胞膜のナトリウムチャネルを活性化させたり、発現量を増加させたりする(図5)。これによって、ナトリウムイオンの再吸収が促進され、アクアポリンを介して水の移動が起こる。また、管腔側の細胞膜のカリウムチャネルも鉱質コルチコイドにより活性化され、カリウムイオンの分泌が促進される。

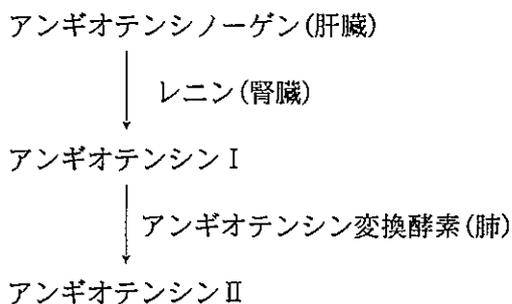


図4

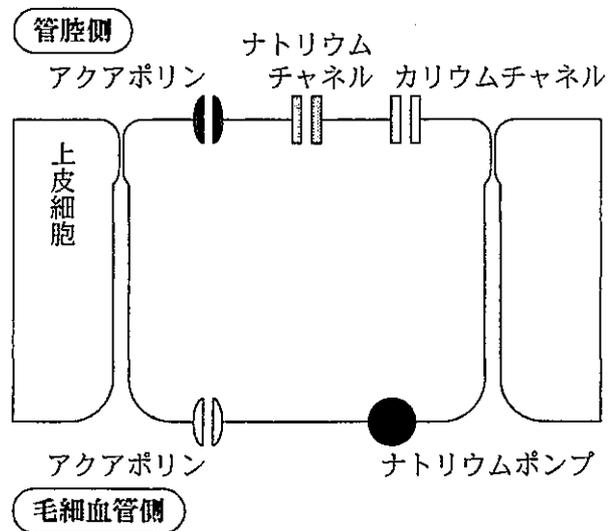


図5

問 6 文章中の下線部Cに関して、副腎皮質から分泌される糖質コルチコイドは、鉱質コルチコイドと構造が類似していて、鉱質コルチコイド受容体に結合すると鉱質コルチコイドと同様の働きをする。通常、血液中の平均的な濃度は糖質コルチコイドの方がおよそ 2000 倍高いにもかかわらず、鉱質コルチコイドだけが標的上皮細胞に作用する。この理由として、最も適切と考えられるものはどれか。次の①～⑤のうちから一つ選べ。 16

- ① 標的上皮細胞内に、糖質コルチコイドを不活性化する酵素が存在する。
- ② 標的上皮細胞は、糖質コルチコイドを破壊する酵素を血液中に分泌する。
- ③ 糖質コルチコイドは、標的上皮細胞の細胞膜を透過できない。
- ④ 標的上皮細胞の細胞膜には、タンパク質と結合して輸送される糖質コルチコイドの輸送体が存在しない。
- ⑤ 糖質コルチコイドと結合した鉱質コルチコイド受容体は、調節 DNA 領域に結合できない。

問 7 アンギオテンシンⅡの過剰な産生は、図 5 の上皮細胞を介して血液量を増加させ、高血圧の原因となる。このような高血圧では、アンギオテンシンⅡの受容体に競争的に結合する物質が治療薬として用いられることがある。この治療薬の作用として、図 5 の上皮細胞を介して起こると考えられるものはどれか。適当なものを、次の①～⑥のうちから二つ選び、解答番号 17 の解答欄に二つマークせよ。 17

- ① 鉱質コルチコイドの分泌が抑制される。
- ② Na^+ と水の血しょう中への再吸収が抑制される。
- ③ 尿素の組織液中への移動が促進される。
- ④ K^+ の管内液中への分泌が促進される。
- ⑤ 排泄される水の量が減少する。
- ⑥ 血しょう中の K^+ 濃度が増加する。

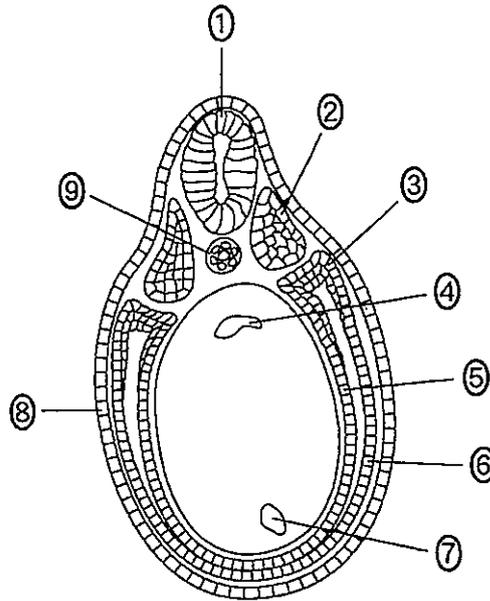
Ⅲ 陸上へ進出した哺乳類であるヒトの腎臓は、水の損失を少なくする適応の結果、髓質まで伸びた細尿管のループ状構造がネフロンにみられ、集合管で尿を濃縮することができるようになった。一方、陸上へ進出したが、水辺の環境が必要な両生類のカエルの腎臓は、尿の生成過程とネフロンの基本的な構造はヒトと同様であるが、細尿管には、ループ状構造がみられない。また、カエルの腎臓には、ヒトとは異なり、肝臓のように2つの血管から血液が供給される。すなわち、腎動脈から糸球体へと入る動脈血に加え、からだの後方部分からの静脈血も腎門脈と呼ばれる静脈から入る。腎門脈は細尿管周囲毛細血管に血液を供給している。ヒトとカエルの成体は、アミノ酸代謝の老廃物として尿素を排泄する。細尿管にループ状構造をもたないカエルも、乾燥した環境では尿量を減らすことで、水の損失を防ぐことができる。この時の尿素の排泄量は、高いままに維持される。

問 8 文章中の下線部DとEが出現した地質時代はそれぞれどれか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。なお、同じ記号を重複して選んでもよい。下線部D , 下線部E

- ① カンブリア紀
- ② オルドビス紀
- ③ シルル紀
- ④ デボン紀
- ⑤ 石炭紀
- ⑥ ペルム紀
- ⑦ 三疊紀
- ⑧ ジュラ紀
- ⑨ 白亜紀

問 9 カエルの尾芽胚の断面のスケッチを示す。文章中の下線部Fはこの図のどの構造から発生するか。最も適当なものを、次の①～⑨のうちから一つ選べ。

20



問10 下線部Gのような腎臓の適応は、どのような仕組みから生じたと考えられるか。適当なものを、次の①～⑦のうちから二つ選び、解答番号21の解答欄に二つマークせよ。

21

- ① 糸球体へ入る血液量を減らすことで、ろ過される水分量を減らしている。
- ② ろ過の効率の低い小さく縮んだ糸球体をもつことで、水が体内に保持される。
- ③ ネフロン数を減らすことで、水の損失を減らしている。
- ④ 細尿管にループ状構造がないことで、細尿管での水の再吸収を増やしている。
- ⑤ 尿素の多くを分泌で排泄することで、腎門脈から供給される血液中からも尿素の除去を可能にしている。
- ⑥ 集合管で水を再吸収することで、尿を濃縮している。
- ⑦ 血液中に尿素を保持することで、水の浸透を防いでいる。

第3問 次の文章Ⅰ、Ⅱを読んで、以下の問い(問1～7)に答えよ。解答番号

22 ~ 31

Ⅰ 生体内の化学反応は、酵素によって促進される。酵素反応では、基質(S)と酵素(E)が反応して複合体(ES)を一時的に形成し、生成物(P)を生じる。



酵素反応の速度は、酵素と基質の量を一定にした条件下で、時間経過に伴う生成物の量を測定することで求められる。さらに、酵素量は一定のまま、基質の量を変化させることによって、さまざまな基質量での反応速度を求めると図1に実線で示す曲線が得られる。この曲線は、次に示すミカエリス-メンテンの式で表すことができる。

$$V_0 = \frac{V_{\max} [S]}{K_m + [S]}$$

ここで V_0 は P の単位時間当たりの生成量で示す初期の反応速度、 V_{\max} は反応の最大反応速度、 $[S]$ は基質の初期濃度、 K_m はミカエリス定数で、 $1/2 V_{\max}$ の時の基質濃度である。

酵素には、それぞれ特有の立体構造をもつ活性部位が存在し、その構造に適した物質、すなわち特定の基質としか反応しない基質特異性がある。酵素反応は特定の物質によって阻害されることがあり、その阻害の仕方によって競争的阻害と非競争的阻害に分けられる。

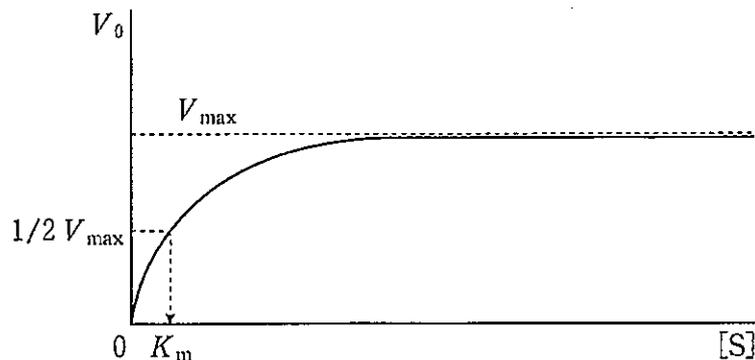


図1

問 1 文章中の下線部Aに関して、ある酵素と一定量の基質を混合して一定温度で反応させ、さまざまな経過時間ごとに生成物量を調べた結果を図2の実線で示す。破線で示す曲線あ～おは、酵素量や基質量の条件を変更して得られた結果を示す。それぞれの曲線に対する実験条件の説明として正しいものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。なお、この実験では、いずれの条件でも反応開始時には酵素に対して十分な量の基質が存在していた。

22

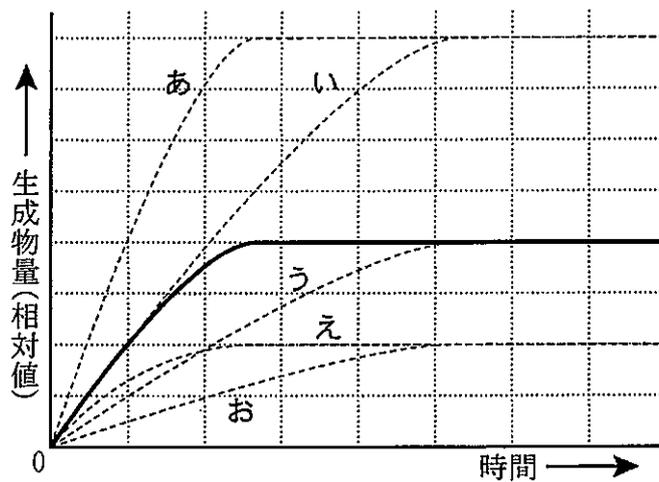


図 2

- ① 曲線あ：反応開始時の酵素量のみを2倍にした。
- ② 曲線い：反応開始時の基質量と酵素量を2倍にした。
- ③ 曲線う：反応開始時の酵素量のみを1/2にした。
- ④ 曲線え：反応開始時の基質量のみを1/2にした。
- ⑤ 曲線お：反応開始時の基質量と酵素量を1/2にした。

問 2 文章中の下線部Bにおいて、 V_{\max} は、すべての ア が イ に結合した状態を示し、 K_m が小さいほど酵素と基質の親和性が ウ ことを示す。したがって、同じ基質に反応する2種の酵素を図1と同様にプロットしたとき、基質との親和性がより ウ 酵素の方が、曲線の傾きが エ なる。空欄のア～エにあてはまる語の組合せはどれか。最も適当なものを、次の①～⑧のうちから一つ選べ。 23

	ア	イ	ウ	エ
①	基質	酵素	高い	大きく
②	基質	酵素	高い	小さく
③	基質	酵素	低い	大きく
④	基質	酵素	低い	小さく
⑤	酵素	基質	高い	大きく
⑥	酵素	基質	高い	小さく
⑦	酵素	基質	低い	大きく
⑧	酵素	基質	低い	小さく

問 3 文章中の下線部Cに関する記述として、正しいものはどれか。適当なものを、次の①～⑥のうちから二つ選び、解答番号24の解答欄に二つマークせよ。 24

- ① 阻害物質が基質に結合して、酵素-基質複合体の形成が阻害される。
- ② 阻害物質が酵素の活性部位に結合して、酵素-基質複合体の形成が阻害される。
- ③ 阻害物質が酵素の活性部位以外に結合して、酵素の立体構造が変化することで酵素-基質複合体の形成が阻害される。
- ④ 一定濃度の阻害物質の存在下で、基質濃度を高くすると阻害効果が減少する。
- ⑤ 一定濃度の阻害物質の存在下で、基質濃度を高くしても阻害効果は減少しない。
- ⑥ 一定濃度の阻害物質の存在下で、酵素濃度を高くしても阻害効果は減少しない。

問 4 ある酵素反応を解析するため、文章中の下線部Bを変形し、基質濃度の逆数に対して反応速度の逆数をプロットして、図3の実線で示す直線を得た。破線で示す直線か～このうち、文章中の下線部Cが生じた直線はどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 25

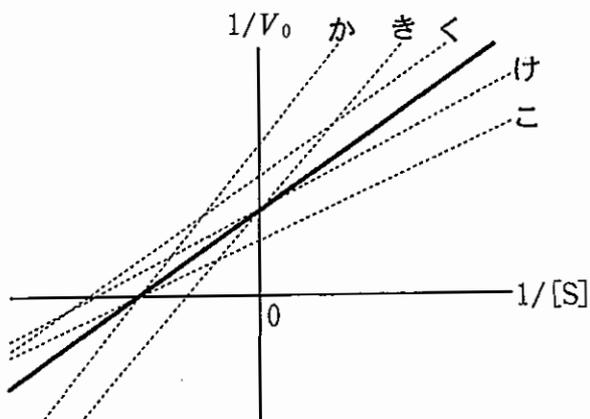


図 3

- ① 直線か
- ② 直線き
- ③ 直線く
- ④ 直線け
- ⑤ 直線こ

II アミラーゼはデンプンの長鎖を切断し、二糖にまで分解する酵素である。ヒトは、唾液腺から分泌されるアミラーゼの遺伝子 *AMY1* と膵臓から分泌されるアミノ酸配列の異なる2種のアミラーゼの遺伝子 *AMY2A* と *AMY2B* をもつ。ヒトでは1番染色体上にこれらの遺伝子が並んでいるが、その数は個人によって異なっていて、遺伝子のコピー数多型(CNV)がみられる。通常、体細胞1個当たり2個(2コピー)の遺伝子が存在するが、CNVでは、遺伝子の重複や欠失によってコピー数の違いが生じる。CNVでみられる増えた遺伝子のコピーは、ほとんどの場合隣接している。また、遺伝子でない領域でもCNVはみられる。

中国人・日本人、西アフリカ系、ヨーロッパ系の各集団について、個人のもつ体細胞1個当たりの各アミラーゼ遺伝子のコピー数を調べた結果を図4に示す。ヒトアミラーゼ遺伝子のコピー数と配置にはいくつかの主要なハプロタイプ(一倍体の染色体上に位置する遺伝子の組合せと配置の型)が認められる(図5)。これらのハプロタイプを両親から一つずつ受け取ることにより、個人にアミラーゼ遺伝子のCNVが生じる。ハプロタイプAH1はチンパンジーと共有する型で、*AMY2B*, *AMY2A*, *AMY1*を1コピーずつ、図5に示した順でもつ。ヒトで最

図4は著作権の関係により、掲載できません。

図5は著作権の関係により、掲載できません。

図 5

注) kb はヌクレオチド鎖の長さを塩基数で表したもので、1 kb は 1000 塩基を表す。突然変異によって機能を失った遺伝子を偽遺伝子という。

も多くみられるハプロタイプは AH 3 で、*AMY2B*、*AMY2A* を 1 コピーずつ、*AMY1* を 3 コピー (*AMY1A*、*AMY1B*、*AMY1C*) もつ (図 5、6)。逆位が生じた *AMY1B* を含めた 3 コピーの *AMY1* は同じアミノ酸配列を指定する。

問 5 図 4、5 の結果とその解釈として不適切なものはどれか。次の①～⑦のうちから二つ選び、解答番号 26 の解答欄に二つマークせよ。

26

- ① ほとんどのヒトが一本の染色体に 2 コピーの *AMY2B* をもつ。
- ② *AMY1* のコピー数が奇数のヒトは、*AMY2A* も奇数でもつことが多い。
- ③ 中国人・日本人は、ヨーロッパ系と西アフリカ系に比べて *AMY1* の平均コピー数が多い。
- ④ ヨーロッパ系と西アフリカ系では、中国人・日本人に比べて AH 2 の頻度が高い。
- ⑤ AH 3 と AH 5 のハプロタイプの組合せのヒトは、*AMY2A* を 2 コピー、*AMY2B* を 2 コピー、*AMY1* を 8 コピーもつ。
- ⑥ 図 5 に示すハプロタイプを組合せても、*AMY2B* を 6 コピーもつヒトは生じない。
- ⑦ *AMY1* を偶数でもつヒトが多いのは、ハプロタイプの多くが奇数の *AMY1* をもつためである。

問 6 アミラーゼ遺伝子領域のハプロタイプ AH3 のより詳細な構造を図 6 に示す。図 6 中の大きな矢印はアミラーゼ遺伝子の位置と方向を示す。AMY1 の 5' 側には、内在性レトロウイルス配列 (ERV；過去に感染したレトロウイルスのゲノムが取り込まれたもの) が存在し、これらの塩基配列は相同である。なお、図 6 中の [ERV] で示した領域は、欠失により短縮して ERV との相同性を失っている。2 個の遺伝子間領域は塩基配列が相同であるが、AMY1B に近接する遺伝子間領域から ERV までの領域では逆位が起きており、染色体上で互いに逆向きに配置されている。AMYP1(2A) は AMY2A の全 10 個のエキソンのうち最初の 3 個のエキソンが欠落した偽遺伝子を示す。

図 5, 6 からアミラーゼ遺伝子領域で起こったハプロタイプの多様化の仕組みを推定した。

『AH3 の二倍体が対合するとき、一方の染色体の d ~ e の領域と、もう一方の **オ** の領域が整列し、その間で乗換えが起きると、組換え体の 2 つのハプロタイプ **カ** が生じる。このようにずれて対合して乗換えが起こった結果、ヒトのアミラーゼ遺伝子領域の主要なハプロタイプが生じたと考えられる。この様に考えた場合、AMY1 を奇数でもつヒトの一般的なアミラーゼ遺伝子領域のハプロタイプは — — (**キ** — — **ク**)_n — (n は繰り返しの回数で 0 ~ 3) と記述できる。』

空欄のオにあてはまるものとして最も適当なものを、[i 群] の ① ~ ⑩ のうちから一つ、空欄のカにあてはまるものとして最も適当なものを、[ii 群] の ① ~ ⑨ のうちから一つ、空欄のキとクにあてはまるものとして最も適当なものを、[iii 群] の ① ~ ⑥ のうちからそれぞれ一つ選べ。

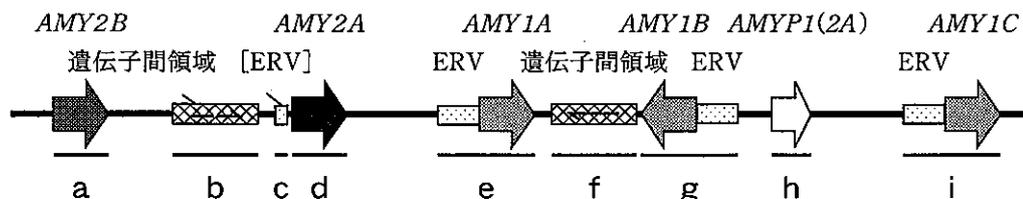


図 6

注) ERV：内在性レトロウイルス配列，[ERV]：短縮した ERV，

⇐⇒：遺伝子間領域の配置方向

[i群]オ

- ① a~b ② a~d ③ a~e ④ b~d ⑤ d~e
⑥ d~f ⑦ e~g ⑧ e~h ⑨ g~h ⑩ h~i

[ii群]カ

- ① AH1とAH3 ② AH1とAH5 ③ AH1とAH7
④ AH2とAH4B2 ⑤ AH3とAH5 ⑥ AH3とAH7
⑦ AH4とAH2B2 ⑧ AH5とAH7 ⑨ AH2B2とAH4B2

[iii群]キ , ク

- ① *AMY1A* ② *AMY1B* ③ *AMY1C*
④ *AMY2A* ⑤ *AMY2B* ⑥ *AMYPI(2A)*

問7 「ヒトのアミラーゼ遺伝子のCNVはデンプンを多く含む食事への適応として自然選択された」という仮説の検証に貢献しないと考えられるものはどれか。次の①~⑤のうちから一つ選べ。

- ① 肥満とアミラーゼコピー数の相関関係
② *AMY1*のコピー数と唾液中のアミラーゼ活性の相関関係
③ *AMY2A* および *AMY2B* のコピー数と血液中のアミラーゼの量の相関関係
④ アミラーゼ遺伝子領域のハプロタイプの出現年代と系統関係
⑤ 食事に含まれるデンプン量が異なる多くの集団間でのハプロタイプの頻度比較