

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	1～15	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	16～28	
生 物	29～47	

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

解答する分野を二つ選択し、分野名の右にある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黒鉛筆(H・F・HBに限る)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にはなりません。

(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。鉛筆の色や消しきずが残ったり、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なさい。

物 理

解答にあたっての諸注意

1. 各設問の後に、解答番号、解答形式、単位が記されているので、その解答様式にしたがって解答すること。
2. 途中計算の結果は、解答の有効数字の桁数より1桁多くとること。

第1問 以下の各問に答えよ。

問1 質量 M [kg]、長さ 5.0 m のはしご AB を図1のように一端 A を水平な床におき滑らかで鉛直な壁に立てかけた。質量 $5M$ [kg] の人がはしごをゆっくり登るとき、はしごが滑ることなく登りうる床からの高さはどれだけか。最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。ただし、はしごと床との間の静止摩擦係数を 0.50 とし、はしごの重心は AB の中点にあるとする。また、はしごの厚みは無視できるものとする。 1 m

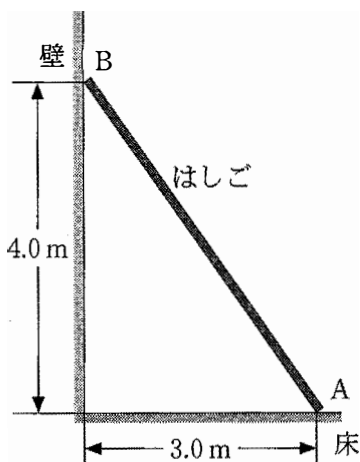


図1

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 1.6 | ② 1.8 | ③ 2.0 | ④ 2.2 | ⑤ 2.4 |
| ⑥ 2.6 | ⑦ 2.8 | ⑧ 3.0 | ⑨ 3.2 | ⑩ 3.4 |

問 2 上端が閉じ、下端が開いた円筒形で形状の変化しない容器に質量 0.510 kg 、体積 $1.00 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ のおもりを軽い糸でつるし、図 2 のように容器内の水面が容器外の水面と一致するように容器を支えて海水面に静止させた。このとき、容器内の空気の体積は $5.00 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ であった。この容器とおもりを静かに海水中に沈めたところ、図 3 のようにある深さまで沈めたとき容器は浮き上がらなくなった。沈めた深さ $H[\text{m}]$ はいくらか。最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。ただし、大気圧を $1.01 \times 10^5 \text{ Pa}$ 、海水の密度を $1.02 \times 10^3 \text{ kg/m}^3$ 、重力加速度の大きさを $g = 9.80 \text{ m/s}^2$ とし、容器の質量、容器自体の体積、容器に入れた空気の質量は無視できるものとする。また水の蒸発の影響は無視できるものとし、海水中の温度と密度は深さによらず一様で、空気は海水に溶解しないものとする。なお深さ $h[\text{m}]$ における水圧 $p[\text{Pa}]$ は、 $p = 1.01 \times 10^5 + 1.02 \times 10^3 hg$ で求められる。 $H =$ 2 m

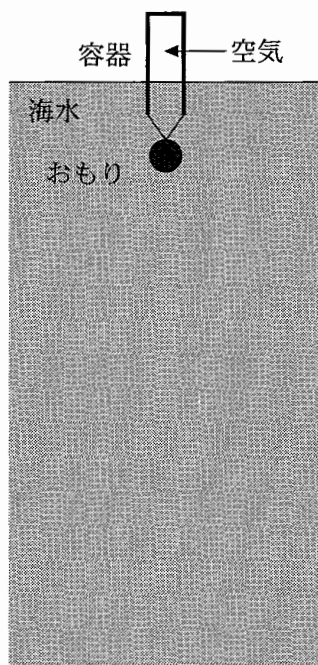


図 2

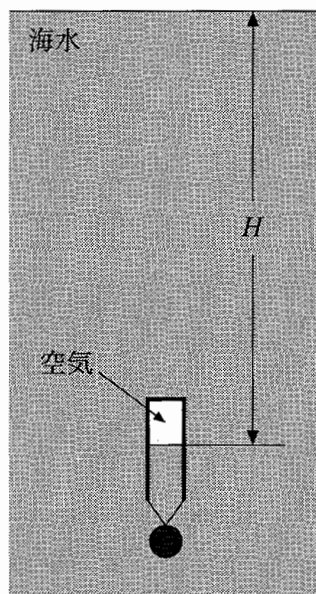


図 3

- | | | | | |
|--------|-------|-------|-------|-------|
| ① 0.70 | ② 1.0 | ③ 1.3 | ④ 1.6 | ⑤ 1.9 |
| ⑥ 2.2 | ⑦ 2.5 | ⑧ 2.8 | ⑨ 3.1 | ⑩ 3.4 |

問 3 図 4 のような、抵抗 R_1 , R_2 , ダイオード D, 電池が接続された回路がある。ダイオード D の電流—電圧特性は図 5 のグラフのようになっている。ダイオード D を流れる電流はいくらか。最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。ただし、電池の内部抵抗はないものとする。 3 A

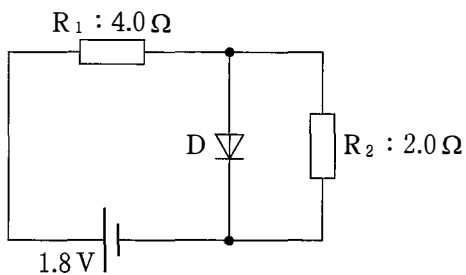


図 4

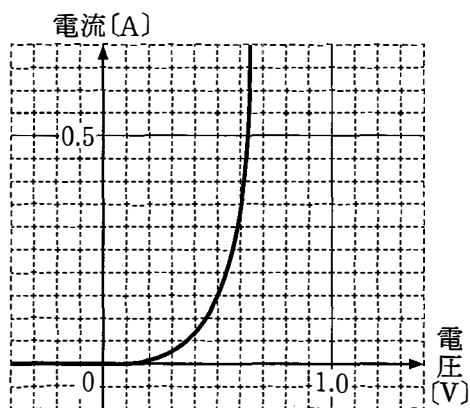


図 5

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 0.10 | ② 0.15 | ③ 0.20 | ④ 0.25 | ⑤ 0.30 |
| ⑥ 0.35 | ⑦ 0.40 | ⑧ 0.45 | ⑨ 0.50 | ⑩ 0.55 |

問 4 図 6 のように屈折率 $n = 1.50$ のガラス板に 60.0° の入射角で空気中から光線をあてると、光線がガラス板を出るときには図中に点線で示した元の光路に対して平行に $d[\text{m}]$ だけ変位した。ただし、空気の屈折率を 1 とする。ガラス板の厚さ $t[\text{m}]$ を表す式として正しいものを、次のうちから一つ選べ。

4 $\times d[\text{m}]$

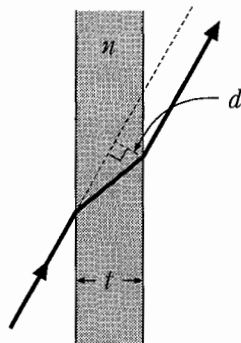


図 6

① $\frac{2\sqrt{3} + \sqrt{2}}{5}$

② $\frac{3\sqrt{3} + \sqrt{2}}{5}$

③ $\frac{4\sqrt{3} + \sqrt{2}}{5}$

④ $\frac{5\sqrt{3} + \sqrt{2}}{5}$

⑤ $\frac{2\sqrt{3} + 2\sqrt{2}}{5}$

⑥ $\frac{3\sqrt{3} + 2\sqrt{2}}{5}$

⑦ $\frac{4\sqrt{3} + 2\sqrt{2}}{5}$

⑧ $\frac{5\sqrt{3} + 2\sqrt{2}}{5}$

⑨ $\frac{2\sqrt{3} + 3\sqrt{2}}{5}$

⑩ $\frac{3\sqrt{3} + 3\sqrt{2}}{5}$

⑪ $\frac{4\sqrt{3} + 3\sqrt{2}}{5}$

⑫ $\frac{5\sqrt{3} + 3\sqrt{2}}{5}$

問 5 図7のように、平面ガラスの上に球面の半径が R [m] の平凸レンズをレンズの平らな面が平面ガラスと平行になるようにのせ、上方から平面に垂直に波長 λ [m] の単色光をあてた。このとき反射光を上方から観察すると、平凸レンズとガラス板との接点 O を中心とする同心円状の明暗の縞模様が見えた。内側から数えて m 番目の明環の半径が 1.30×10^{-2} m であった。次に、平凸レンズとガラス板の間を屈折率 n ($n > 1$) の液体で満たしたら、内側から数えて m 番目の明環の半径が 1.10×10^{-2} m に変わった。この液体の屈折率 n はいくらか。ただし、空気の屈折率は 1 とし、 n は平面ガラスおよび平凸レンズの屈折率より小さいものとし、平凸レンズと平面ガラスの間の空気層の厚みは R に比べて十分に小さいものとする。適切なものを、次のうちから一つ選べ。

5

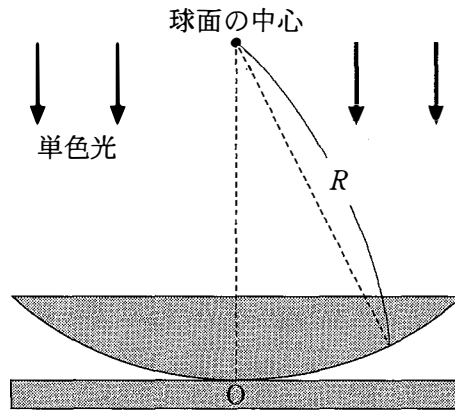


図 7

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 1.26 | ② 1.28 | ③ 1.30 | ④ 1.32 | ⑤ 1.34 |
| ⑥ 1.36 | ⑦ 1.38 | ⑧ 1.40 | ⑨ 1.42 | ⑩ 1.44 |

問 6 カリウムには、天然の同位体として ^{39}K , ^{40}K , ^{41}K の 3 種類あることが知られている。ほとんどは安定同位体の ^{39}K , ^{41}K であるが、 ^{40}K は存在比 0.012 % の天然の放射性同位体である。

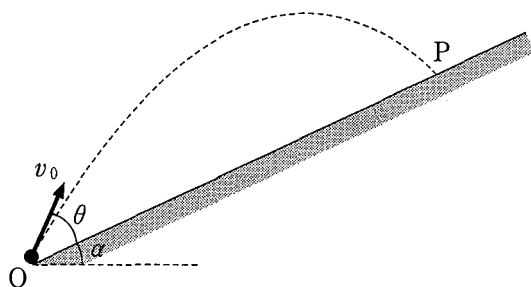
成人の体内には約 150 g のカリウムが存在している。今、体内にカリウムが 150 g あるとして、 ^{40}K による放射能の強さは何ベクレル(Bq)か。適切なものを、次のうちから一つ選べ。ただし、カリウムの原子量を 39, ^{40}K の半減期 T を 4.0×10^{16} 秒、アボガドロ定数を $6.0 \times 10^{23}/\text{mol}$ とする。また、時刻 $t = 0$ において N 個の放射性原子核が存在するとき、 t 秒間に崩壊する放射性原子核の数 ΔN は $\Delta N = N \left\{ 1 - \left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{t}{T}} \right\}$ で表され、半減期 T が十分に長い

ときには、 $\left(\frac{1}{2} \right)^{\frac{1}{T}} \doteq 1 - \frac{0.69}{T}$ のように近似できる。 6 $\times 10^3$ Bq

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 3.0 | ② 3.2 | ③ 3.4 | ④ 3.6 | ⑤ 3.8 |
| ⑥ 4.0 | ⑦ 4.2 | ⑧ 4.6 | ⑨ 4.8 | ⑩ 5.0 |

第2問 次の文章を読み、下の問(問1～6)に答えよ。

図のように、水平面からの傾きが α [rad]の斜面の下端Oから、斜面と θ [rad]の角をなす向きに、速さ v_0 [m/s]で小球を投げ上げたところ、小球は斜面上の点Pに達した。ただし、空気抵抗は考えないものとし、重力加速度の大きさを g [m/s²]とする。



問1 小球がOより点Pに達するまでの時間 t [s]を表す式として正しいものを、次のうちから一つ選べ。 $t =$ 7 (s)

- | | | | |
|--|--|--|--|
| ① $\frac{v_0 \sin \theta}{2g \cos \alpha}$ | ② $\frac{v_0 \cos \theta}{2g \sin \alpha}$ | ③ $\frac{v_0 \sin \alpha}{2g \cos \theta}$ | ④ $\frac{v_0 \cos \alpha}{2g \sin \theta}$ |
| ⑤ $\frac{v_0 \sin \theta}{g \cos \alpha}$ | ⑥ $\frac{v_0 \cos \theta}{g \sin \alpha}$ | ⑦ $\frac{v_0 \sin \alpha}{g \cos \theta}$ | ⑧ $\frac{v_0 \cos \alpha}{g \sin \theta}$ |
| ⑨ $\frac{2v_0 \sin \theta}{g \cos \alpha}$ | ⑩ $\frac{2v_0 \cos \theta}{g \sin \alpha}$ | ⑪ $\frac{2v_0 \sin \alpha}{g \cos \theta}$ | ⑫ $\frac{2v_0 \cos \alpha}{g \sin \theta}$ |

問 2 OP間の距離 ℓ [m]を表す式として正しいものを、次のうちから一つ選べ。

$$\ell = \boxed{8} \text{ [m]}$$

$$\textcircled{1} \quad \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos(\theta - \alpha)}{g \sin^2 \alpha}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos(\theta - \alpha)}{g \cos^2 \alpha}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{2v_0^2 \cos \theta \cos(\theta - \alpha)}{g \sin^2 \alpha}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{2v_0^2 \cos \theta \cos(\theta - \alpha)}{g \cos^2 \alpha}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos(\theta - \alpha)}{g \sin^2 \theta}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos(\theta - \alpha)}{g \cos^2 \theta}$$

$$\textcircled{7} \quad \frac{2v_0^2 \cos \alpha \cos(\theta - \alpha)}{g \sin^2 \theta}$$

$$\textcircled{8} \quad \frac{2v_0^2 \cos \alpha \cos(\theta - \alpha)}{g \cos^2 \theta}$$

$$\textcircled{9} \quad \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos(\theta + \alpha)}{g \sin^2 \alpha}$$

$$\textcircled{10} \quad \frac{2v_0^2 \sin \theta \cos(\theta + \alpha)}{g \cos^2 \alpha}$$

$$\textcircled{11} \quad \frac{2v_0^2 \cos \theta \cos(\theta + \alpha)}{g \sin^2 \alpha}$$

$$\textcircled{12} \quad \frac{2v_0^2 \cos \theta \cos(\theta + \alpha)}{g \cos^2 \alpha}$$

$$\textcircled{13} \quad \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos(\theta + \alpha)}{g \sin^2 \theta}$$

$$\textcircled{14} \quad \frac{2v_0^2 \sin \alpha \cos(\theta + \alpha)}{g \cos^2 \theta}$$

$$\textcircled{15} \quad \frac{2v_0^2 \cos \alpha \cos(\theta + \alpha)}{g \sin^2 \theta}$$

$$\textcircled{16} \quad \frac{2v_0^2 \cos \alpha \cos(\theta + \alpha)}{g \cos^2 \theta}$$

問 3 OP間の距離が最大となるときの角度 θ [rad]を表す式として正しいものを、

$$\text{次のうちから一つ選べ。} \theta = \boxed{9} \text{ [rad]}$$

$$\textcircled{1} \quad \frac{\pi - \alpha}{8}$$

$$\textcircled{2} \quad \frac{\pi - 2\alpha}{8}$$

$$\textcircled{3} \quad \frac{\pi - 3\alpha}{8}$$

$$\textcircled{4} \quad \frac{\pi - 4\alpha}{8}$$

$$\textcircled{5} \quad \frac{\pi - \alpha}{4}$$

$$\textcircled{6} \quad \frac{\pi - 2\alpha}{4}$$

$$\textcircled{7} \quad \frac{\pi - 3\alpha}{4}$$

$$\textcircled{8} \quad \frac{\pi - 4\alpha}{4}$$

$$\textcircled{9} \quad \frac{\pi - \alpha}{2}$$

$$\textcircled{10} \quad \frac{\pi - 2\alpha}{2}$$

$$\textcircled{11} \quad \frac{\pi - 3\alpha}{2}$$

$$\textcircled{12} \quad \frac{\pi - 4\alpha}{2}$$

問 4 問 3 の状況において、OP の最大距離 L [m] を表す式として正しいものを、

次のうちから一つ選べ。 $L =$ 10 [m]

- | | | |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| ① $\frac{v_0^2}{2g(1+\sin\alpha)}$ | ② $\frac{v_0^2}{2g(1+\cos\alpha)}$ | ③ $\frac{v_0^2}{2g(1-\sin\alpha)}$ |
| ④ $\frac{v_0^2}{2g(1-\cos\alpha)}$ | ⑤ $\frac{v_0^2}{g(1+\sin\alpha)}$ | ⑥ $\frac{v_0^2}{g(1+\cos\alpha)}$ |
| ⑦ $\frac{v_0^2}{g(1-\sin\alpha)}$ | ⑧ $\frac{v_0^2}{g(1-\cos\alpha)}$ | ⑨ $\frac{2v_0^2}{g(1+\sin\alpha)}$ |
| ⑩ $\frac{2v_0^2}{g(1+\cos\alpha)}$ | ⑪ $\frac{2v_0^2}{g(1-\sin\alpha)}$ | ⑫ $\frac{2v_0^2}{g(1-\cos\alpha)}$ |

問 5 小球が斜面に対し垂直に落下するとき、 $\tan\theta$ を表す式として正しいものを、

次のうちから一つ選べ。 $\tan\theta =$ 11

- | | | | |
|--------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| ① $\sin\alpha$ | ② $\cos\alpha$ | ③ $\tan\alpha$ | ④ $\frac{\sin\alpha}{2}$ |
| ⑤ $\frac{\cos\alpha}{2}$ | ⑥ $\frac{\tan\alpha}{2}$ | ⑦ $\frac{1}{\sin\alpha}$ | ⑧ $\frac{1}{\cos\alpha}$ |
| ⑨ $\frac{1}{\tan\alpha}$ | ⑩ $\frac{1}{2\sin\alpha}$ | ⑪ $\frac{1}{2\cos\alpha}$ | ⑫ $\frac{1}{2\tan\alpha}$ |

問 6 小球が斜面に対し垂直に落下するとき、O より点 P に達するまでの時間 T [s] を表す式として正しいものを、次のうちから一つ選べ。

$T =$ 12 [s]

- | | | |
|--|--|--|
| ① $\frac{v_0}{2g\sqrt{1+\sin^2\alpha}}$ | ② $\frac{v_0}{2g\sqrt{1+2\sin^2\alpha}}$ | ③ $\frac{v_0}{2g\sqrt{1+3\sin^2\alpha}}$ |
| ④ $\frac{v_0}{2g\sqrt{1+4\sin^2\alpha}}$ | ⑤ $\frac{v_0}{g\sqrt{1+\sin^2\alpha}}$ | ⑥ $\frac{v_0}{g\sqrt{1+2\sin^2\alpha}}$ |
| ⑦ $\frac{v_0}{g\sqrt{1+3\sin^2\alpha}}$ | ⑧ $\frac{v_0}{g\sqrt{1+4\sin^2\alpha}}$ | ⑨ $\frac{2v_0}{g\sqrt{1+\sin^2\alpha}}$ |
| ⑩ $\frac{2v_0}{g\sqrt{1+2\sin^2\alpha}}$ | ⑪ $\frac{2v_0}{g\sqrt{1+3\sin^2\alpha}}$ | ⑫ $\frac{2v_0}{g\sqrt{1+4\sin^2\alpha}}$ |

第3問 次の文章を読み、下の問(問1～2)に答えよ。

同じ振動数 f [Hz]の音を発する音源を備えた2台の自動車AとBが、一直線上を同じ向きに走っている。AはBの前方にあり、それぞれの自動車の速さは、 v_A, v_B [m/s]で一定である。この状況で、自動車Aに乗った人に聞こえる、自動車Bから発せられた音の振動数を f_1 [Hz]とする。A、Bの各自動車の速さの音速 v_0 [m/s]に対する比を、それぞれ $a\left(=\frac{v_A}{v_0}\right)$ 、 $b\left(=\frac{v_B}{v_0}\right)$ とする。

問1 自動車Bを加速させ速さを $2v_B$ [m/s]にしたら、自動車Aに乗った人に聞こえる自動車Bから発せられた音の振動数は f_1 [Hz]の $\frac{40}{39}$ 倍になった。 b の値はいくらか。最も適切なものを、対応する解答群から一つ選べ。 13

問2 次に、自動車Bを速さ $2v_B$ [m/s]のままとし、自動車Aを反転させ、速さ v_A [m/s]で自動車Bに向かって走らせた。自動車Bに乗った人に聞こえる自動車Aから発せられた音の振動数は、反転前に自動車Bで聞こえた自動車Aから発せられた音の振動数の $\frac{16}{15}$ 倍になった。 a の値はいくらか。最も適切なものを、対応する解答群から一つ選べ。 14

13 14 の解答群

① $\frac{1}{49}$

② $\frac{1}{47}$

③ $\frac{1}{45}$

④ $\frac{1}{43}$

⑤ $\frac{1}{41}$

⑥ $\frac{1}{39}$

⑦ $\frac{1}{37}$

⑧ $\frac{1}{35}$

⑨ $\frac{1}{33}$

⑩ $\frac{1}{31}$

⑪ $\frac{1}{29}$

⑫ $\frac{1}{27}$

⑬ $\frac{1}{25}$

⑭ $\frac{1}{23}$

⑮ $\frac{1}{21}$

⑯ $\frac{1}{19}$

第4問 次の文章を読み、下の問(問1～5)に答えよ。

図1のように、抵抗値 $R = 100 \Omega$ の抵抗、電気容量 $C = 10.0 \mu\text{F}$ のコンデンサー、自己インダクタンス $L [\text{mH}]$ のコイルを直列に接続し、周波数 $f = 98.0 \text{ Hz}$ の交流電源につないだ。電源電圧 $V [\text{V}]$ と回路に流れる電流 $I [\text{A}]$ の位相は、図2のように $\frac{\pi}{4}$ ずれていた。導線やコイルの抵抗は無視できるものとする。また、必要ならば $\sqrt{2} = 1.41$, $\pi = 3.14$ を用いよ。

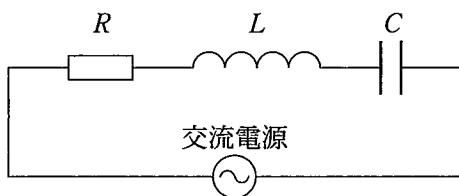


図1

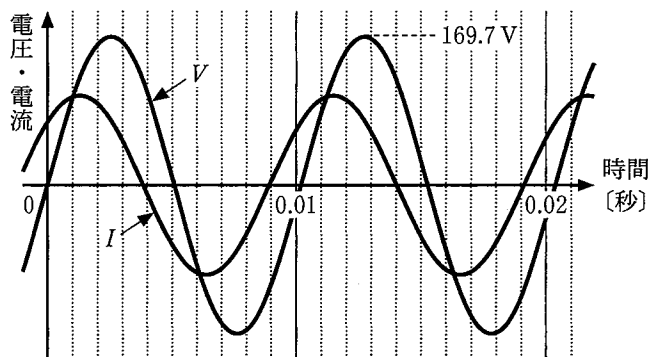


図2

問1 電源電圧の実効値 $V_e [\text{V}]$ はいくらか。最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。 $V_e =$ V

- | | | | | |
|--------|--------|-------|-------|-------|
| ① 80.0 | ② 90.0 | ③ 100 | ④ 110 | ⑤ 120 |
| ⑥ 130 | ⑦ 140 | ⑧ 150 | ⑨ 160 | ⑩ 170 |

問 2 回路を流れる電流の実効値 I_e [A] はいくらか。最も近いものを、次のうちから一つ選べ。 $I_e =$ A

- | | | | | |
|---------|---------|---------|---------|--------|
| ① 0.800 | ② 0.850 | ③ 0.900 | ④ 0.950 | ⑤ 1.00 |
| ⑥ 1.05 | ⑦ 1.10 | ⑧ 1.15 | ⑨ 1.20 | ⑩ 1.25 |

問 3 コイルの自己インダクタンス L [mH] はいくらか。最も近いものを、次のうちから一つ選べ。 $L =$ mH

- | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 10.0 | ② 20.0 | ③ 30.0 | ④ 40.0 | ⑤ 50.0 |
| ⑥ 60.0 | ⑦ 70.0 | ⑧ 80.0 | ⑨ 90.0 | ⑩ 100 |

問 4 この回路の平均の消費電力 $\bar{P}$ [W] はいくらか。最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。 $\bar{P} =$ W

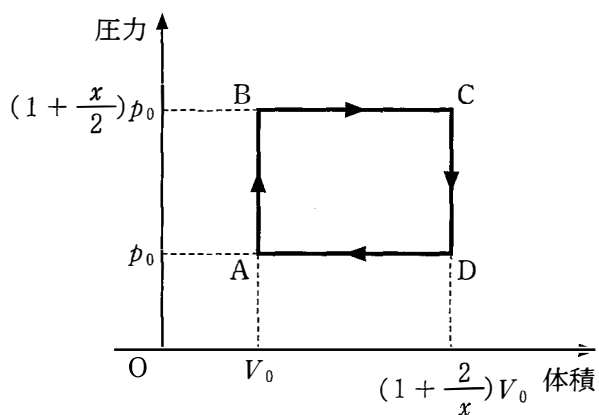
- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ① 60 | ② 64 | ③ 68 | ④ 72 | ⑤ 76 |
| ⑥ 80 | ⑦ 84 | ⑧ 88 | ⑨ 92 | ⑩ 96 |

問 5 電圧の実効値は変えずに、交流電源の周波数 f [Hz] を変えたとき、回路を流れる電流の実効値が最大となるときの周波数 f' [Hz] はいくらか。最も適切なものを、次のうちから一つ選べ。 $f' =$ Hz

- | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 111 | ② 123 | ③ 135 | ④ 147 | ⑤ 159 |
| ⑥ 171 | ⑦ 183 | ⑧ 195 | ⑨ 207 | ⑩ 219 |

第5問 次の文章を読み、下の問(問1～4)に答えよ。

滑らかに動くピストンを使って、1 mol の単原子分子理想気体をシリンダーに封じ込め、図のような状態変化 $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ を1サイクルとする熱機関を作った。ここで x は正の実数である。状態Aでの気体の温度は T_0 [K]、体積は V_0 [m³]、圧力は p_0 [Pa] であった。気体定数を R [J/(mol・K)] とする。



問 1 状態変化 A→B で気体が外部から吸収した熱量 Q_{AB} [J], 状態変化 B→C で気体が外部にした仕事 W_{BC} [J] および気体が吸収した熱量 Q_{BC} [J], 状態変化 D→A で気体が外部にした仕事 W_{DA} [J] を表す式として正しいものを, 次のうちから一つ選べ。

$$Q_{AB} = \boxed{20} RT_0 [\text{J}], \quad W_{BC} = \boxed{21} RT_0 [\text{J}]$$

$$Q_{BC} = \boxed{22} RT_0 [\text{J}], \quad W_{DA} = \boxed{23} RT_0 [\text{J}]$$

20

21

22

23

 の解答群

- | | | | |
|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| ① $-\frac{1}{x}$ | ② $-\frac{2}{x}$ | ③ $-\frac{3}{x}$ | ④ $-\frac{4}{x}$ |
| ⑤ $\frac{x}{4}$ | ⑥ $\frac{x}{2}$ | ⑦ $\frac{3x}{4}$ | ⑧ x |
| ⑨ $1 + \frac{1}{x}$ | ⑩ $1 + \frac{2}{x}$ | ⑪ $2 + \frac{1}{x}$ | ⑫ $2 + \frac{2}{x}$ |
| ⑬ $\frac{3}{2} + \frac{5}{x}$ | ⑭ $\frac{5}{2} + \frac{5}{x}$ | ⑮ $\frac{7}{2} + \frac{7}{x}$ | ⑯ $\frac{9}{2} + \frac{7}{x}$ |

問 2 状態変化 A→B→C→D→A を繰り返す熱機関の熱効率 e を表す式として正しいものを, 次のうちから一つ選べ。 $e = \boxed{24}$

- | | | |
|--------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| ① $\frac{2x}{3x^2 + 10x + 10}$ | ② $\frac{3x}{3x^2 + 10x + 10}$ | ③ $\frac{4x}{3x^2 + 10x + 10}$ |
| ④ $\frac{2x}{3x^2 + 10x + 20}$ | ⑤ $\frac{3x}{3x^2 + 10x + 20}$ | ⑥ $\frac{4x}{3x^2 + 10x + 20}$ |
| ⑦ $\frac{2x}{3x^2 + 20x + 10}$ | ⑧ $\frac{3x}{3x^2 + 20x + 10}$ | ⑨ $\frac{4x}{3x^2 + 20x + 10}$ |
| ⑩ $\frac{2x}{3x^2 + 20x + 20}$ | ⑪ $\frac{3x}{3x^2 + 20x + 20}$ | ⑫ $\frac{4x}{3x^2 + 20x + 20}$ |

問 3 この熱機関の熱効率 e が最大となるのは x がいくらのときか。次のうちから一つ選べ。 $x =$ 25

- | | | | |
|-------------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① $\sqrt{\frac{3}{7}}$ | ② $\sqrt{\frac{3}{5}}$ | ③ $\sqrt{\frac{5}{3}}$ | ④ $\sqrt{2}$ |
| ⑤ $\sqrt{\frac{7}{3}}$ | ⑥ $\sqrt{3}$ | ⑦ $2\sqrt{\frac{3}{7}}$ | ⑧ $2\sqrt{\frac{3}{5}}$ |
| ⑨ $2\sqrt{\frac{5}{3}}$ | ⑩ $2\sqrt{2}$ | ⑪ $2\sqrt{\frac{7}{3}}$ | ⑫ $2\sqrt{3}$ |

問 4 この熱機関の最大の熱効率 e はいくらか。次のうちから一つ選べ。
 $e =$ 26

- | | | | |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| ① $\frac{4\sqrt{15}-8}{25}$ | ② $\frac{\sqrt{15}-2}{7}$ | ③ $\frac{2\sqrt{15}-4}{15}$ | ④ $\frac{4\sqrt{15}-8}{35}$ |
| ⑤ $\frac{4\sqrt{15}-9}{25}$ | ⑥ $\frac{4\sqrt{15}-9}{28}$ | ⑦ $\frac{4\sqrt{15}-9}{30}$ | ⑧ $\frac{4\sqrt{15}-9}{35}$ |
| ⑨ $\frac{4\sqrt{15}-10}{25}$ | ⑩ $\frac{2\sqrt{15}-5}{14}$ | ⑪ $\frac{2\sqrt{15}-5}{15}$ | ⑫ $\frac{4\sqrt{15}-10}{35}$ |

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, K = 39.1, Cr = 52.0

0.0 °C の絶対温度：273.0 K

0.0 °C, 1.013×10^5 Pa (=標準状態)の気体 1.00 mol の体積：22.4 L

25.0 °C における水のイオン積： $K_w = 1.00 \times 10^{-14}$ mol²/L²

ファラデー定数： $F = 9.65 \times 10^4$ C/mol

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：誤りを含まないもの

- ① 植物で行われる、光を吸収して二酸化炭素と水からグルコースを合成する反応は、光化学反応を利用している。
- ② 水素 H₂ と塩素 Cl₂ の混合気体に強い光を当てると、爆発的に反応して塩化水素 HCl を生じる。この反応を化学発光という。
- ③ 臭化銀 AgBr は光によって分解し、酸化銀 Ag₂O を生じる。
- ④ ルミノールと過酸化水素を触媒存在下で反応させると、赤い光を発する。
- ⑤ ナトリウムイオンを含む物質を炎の中にいれると、炎が赤色を示す。これを炎色反応という。
- ⑥ (①～⑤のいずれも誤りを含む。)

問 2 2

指示：a～fのうち、互いに同素体でない組み合わせだけを選んだもの

- a. クロム酸カリウムと二クロム酸カリウム
- b. 斜方硫黄とゴム状硫黄
- c. 酸素とオゾン
- d. フラーレンとダイヤモンド
- e. 水と過酸化水素
- f. 黄リンと赤リン

- ① aとe
- ② cとe
- ③ cとd
- ④ dとf
- ⑤ bとf
- ⑥ (①～⑤のどれもあてはまらない。)

問 3 3

指示：原子やイオンの半径の比較に関する説明として誤りを含まないもの

- ① 酸化物イオン O^{2-} はフッ化物イオン F^- よりも大きく、カリウムイオン K^+ はカルシウムイオン Ca^{2+} よりも大きい。
- ② 酸化物イオンは硫化物イオン S^{2-} よりも大きく、フッ化物イオンはナトリウムイオン Na^+ よりも大きい。
- ③ 硫化物イオンは塩化物イオン Cl^- よりも大きく、マグネシウムイオン Mg^{2+} はカリウムイオンよりも大きい。
- ④ マグネシウムイオンはナトリウムイオンよりも小さく、硫化物イオンはカルシウムイオンよりも小さい。
- ⑤ 硫化物イオンは硫黄原子 S よりも小さく、カリウムイオンはカリウム原子 K よりも小さい。
- ⑥ (①～⑤のいずれも誤りを含む。)

問 4

4

指示：誤りを含むもの

- ① アルコールはその分子に含まれるヒドロキシ基の数に応じて、第一級アルコール、第二級アルコール、第三級アルコールに分類される。
- ② アルコールは、分子間で水素結合を形成する。そのため、同程度の分子量を持つ炭化水素に比べると、融点や沸点が高い。
- ③ 直鎖状アルカンの一方の末端にある炭素原子に結合した水素原子を一個だけヒドロキシ基に置換した構造を持つアルコールのうち、分子を構成する炭素原子の数が少ないものは水によく溶けるが、炭素原子の数が増えると、水に溶けにくくなる。
- ④ 硫酸酸性の二クロム酸カリウム水溶液で2-プロパノールを酸化すると、アセトンが生成する。
- ⑤ エタノールを濃硫酸と加熱すると、反応温度に応じてジエチルエーテルまたはエチレンが生じる。
- ⑥ (①～⑤のどこにも誤りは含まれていない。)

問 5 5

指示：誤りを含むもの

- ① シクロヘキサン C_6H_{12} は、飽和炭化水素であるヘキサン C_6H_{14} に比べて水素原子 H の数が 2 個少ないが、飽和炭化水素である。
- ② ドイツのウェーラーは、有機化合物である尿素 $CO(NH_2)_2$ を無機化合物から得ることに成功した。彼はこれにより、有機化合物を無機化合物から人工的に合成できることを示した。
- ③ 無機化合物に比べ、有機化合物の種類はきわめて多い。その理由として、炭素原子や水素原子には 4 個の価電子があり、それらが共有結合によって次々に結合し、さまざまな形の分子をつくることがあげられる。
- ④ 炭素、水素、酸素のみからなる有機化合物の元素分析では、酸化銅(Ⅱ) CuO は分析試料の完全燃焼を助けるために用いられる。また、塩化カルシウム $CaCl_2$ はこの完全燃焼によって生じた水 H_2O のみを、ソーダ石灰は二酸化炭素 CO_2 のみを、それぞれ吸収させるために用いられる。
- ⑤ 分子式とは、分子を構成する原子の元素記号と原子の数を表した化学式である。示性式とは、分子式の中から官能基に相当する部分を抜き出して表し、その分子がもつ特有の性質がわかるようにした化学式である。
- ⑥ (①～⑤のどこにも誤りは含まれていない。)

第 2 問 硫酸 H_2SO_4 に関する以下の各問い(問 1 ～ 7)に答えよ。

問 1 次の各反応式で表した反応のうち、硫酸が酸化剤として働いているものはどれか。該当するものを、以下の①～⑧のうちから一つ選べ。

6

- ① $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$
- ② $2 \text{CH}_3\text{COONa} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{CH}_3\text{COOH}$
- ③ $\text{BaCl}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{BaSO}_4 + 2 \text{HCl}$
- ④ $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$
- ⑤ $\text{NaNO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HNO}_3$
- ⑥ $\text{Zn} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{ZnSO}_4 + \text{H}_2$
- ⑦ $2 \text{NaOH} + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O}$
- ⑧ $\text{CaF}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 \longrightarrow \text{CaSO}_4 + 2 \text{HF}$

問 2 スクロース $\text{C}_{12}\text{H}_{22}\text{O}_{11}$ に濃硫酸を加えると、スクロースは炭化する。これは、濃硫酸がもつどのような性質(作用)に基づくものか。最も適切なものを、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。

7

- | | | | |
|--------|--------|--------|--------|
| ① 揮発性 | ② 不揮発性 | ③ 感光性 | ④ 相補性 |
| ⑤ 疎水性 | ⑥ 配向性 | ⑦ 還元作用 | ⑧ 酸化作用 |
| ⑨ 乳化作用 | ⑩ 脱水作用 | ⑪ 緩衝作用 | |

問 3 以下の①～⑩の金属の中から、次の②、⑤の両方を満たすものをすべて選び、解答欄

8

 にそれらすべてをマークせよ。なお、この問題では、選択した正解選択肢の数に応じて得点を与え、選択した不正解選択肢の数に応じて減点する。なお、選択した不正解選択肢の数が選択した正解選択肢の数を上回る場合は 0 点とする。

② 希硫酸を加えても、水素 H_2 を発生しない。

⑤ 熱濃硫酸と反応すると、二酸化硫黄 SO_2 が発生する。

8

- | | | | |
|------------|-----------|-------------|--------|
| ① 金 Au | ② カリウム K | ③ カルシウム Ca | ④ 銀 Ag |
| ⑤ スズ Sn | ⑥ 鉄 Fe | ⑦ 銅 Cu | |
| ⑧ ナトリウム Na | ⑨ ニッケル Ni | ⑩ マグネシウム Mg | |

問 4 $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ で質量パーセント濃度が 50.0% 、密度が 1.40 g/cm^3 の希硫酸 $x\text{ mL}$ を水で希釈し、 $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、 0.400 mol/L の希硫酸を 100.0 mL 得た。 x に最も近い数値を、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。なお、 $25.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ における水の密度を 0.997 g/cm^3 とする。

9

 mL

- | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 1.44 | ② 2.80 | ③ 3.93 | ④ 5.61 | ⑤ 7.85 | ⑥ 10.3 |
| ⑦ 14.4 | ⑧ 22.0 | ⑨ 39.3 | ⑩ 56.1 | ⑪ 78.5 | |

問 5 25.0℃の0.100 mol/L 希硫酸 30.0 mL と 25.0℃の0.100 mol/L 水酸化ナトリウム NaOH 水溶液 70.0 mL を均一に混合したところ、25.0℃でちょうど 100.0 mL の水溶液(「水溶液 A」とする)が得られた。この温度における水溶液 A の水素イオン濃度 $[H^+]$ は何 mol/L と計算されるか。最も適切な数値を、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。ただし、水溶液 A において、溶質はすべて完全に電離しているものとする。

10 mol/L

- ① 1.00×10^{-14} ② 5.00×10^{-14} ③ 1.00×10^{-13} ④ 2.50×10^{-13}
 ⑤ 1.00×10^{-12} ⑥ 2.50×10^{-12} ⑦ 1.00×10^{-11} ⑧ 1.00×10^{-7}
 ⑨ 1.00×10^{-2} ⑩ 4.00×10^{-2} ⑪ 1.10×10^{-1}

問 6 白金電極を用いて、0.400 mol/L 希硫酸 100.0 mL に 1.00 A (アンペア) の電流を 10 分 0 秒間流して、水を電気分解した。この電気分解によって陰極に発生する気体は何か。正しいものを、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。

11

- ① 水素 H_2 ② 酸素 O_2 ③ 窒素 N_2 ④ 塩素 Cl_2
 ⑤ 硫化水素 H_2S ⑥ 二酸化硫黄 SO_2 ⑦ 三酸化硫黄 SO_3
 ⑧ 一酸化窒素 NO ⑨ 二酸化窒素 NO_2 ⑩ 塩化水素 HCl

問 7 問 6 の電気分解によって陰極に発生する気体の体積は、0.0℃、 1.013×10^5 Pa で何 L か。最も適切な数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。ただし、発生した気体は水に溶けないものとする。

12 L

- ① 5.80×10^{-4} ② 1.16×10^{-3} ③ 2.32×10^{-3} ④ 3.11×10^{-3}
 ⑤ 6.21×10^{-3} ⑥ 1.16×10^{-2} ⑦ 3.48×10^{-2} ⑧ 4.64×10^{-2}
 ⑨ 6.96×10^{-2} ⑩ 1.39×10^{-1}

第3問 塩化アンモニウム NH_4Cl 水溶液について、以下の各問い(問1～5)に答えよ。

一定量の水に溶かすことができる塩化アンモニウムの量は、温度により変化する。これを 100 g の水に溶かすことができる塩化アンモニウムの質量の最大値として表したグラフが図1である。

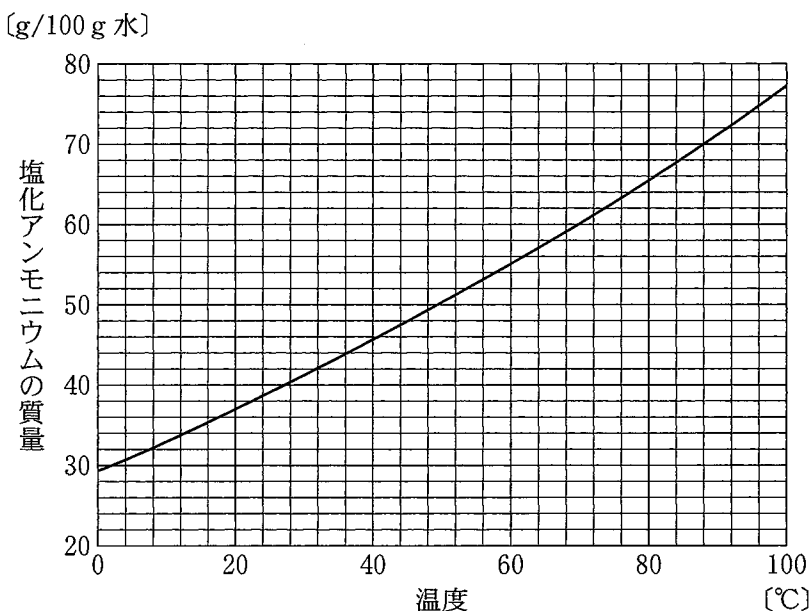


図1 塩化アンモニウムの溶解度曲線

塩化アンモニウムの結晶と水を 20.0 °C で十分に混合すると、両者の量の比によって、塩化アンモニウムの結晶と飽和水溶液との混合物や、溶け残りのない均一な塩化アンモニウム水溶液が得られる(以降、これらを「試料」とよぶ)。試料を冷却すると、その濃度によって氷(固体状態の H_2O)ができたり塩化アンモニウムの結晶が析出したりする。そして、 $-15.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以下になると、その濃度によらず、氷と塩化アンモニウムの結晶との混合物になることが知られている。図2は、縦軸に温度、横軸に試料中の塩化アンモニウムの質量百分率をとって試料の状態を示した図である。例えば、15 % の塩化アンモニウム水溶液を 10.0 °C から徐々に冷却していくと、約 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ で氷が析出し始め、氷と塩化アンモニウム水溶液との混合物になる。そして、 $-15.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ で試料全体が固体となる。

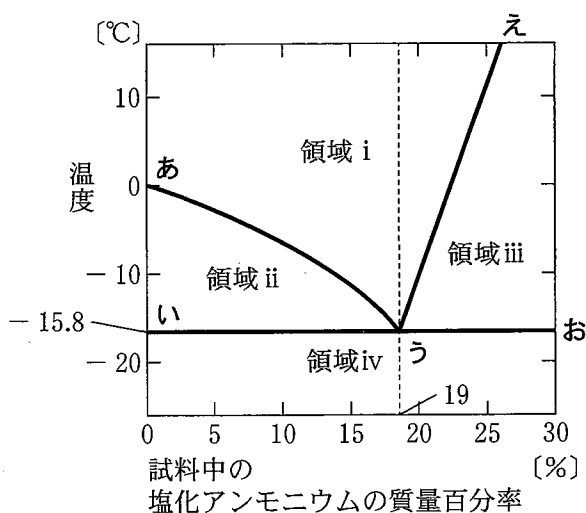


図2 塩化アンモニウムと水との混合物の状態を示した図

(領域 i : 塩化アンモニウム水溶液, 領域 ii : 塩化アンモニウム水溶液 + 氷, 領域 iii : 塩化アンモニウム水溶液 + 塩化アンモニウムの結晶, 領域 iv : 氷 + 塩化アンモニウムの結晶。ただし, 横軸の値が 0 % のとき領域 ii と領域 iv は「氷」のみとなる。)

問 1 88.0℃における塩化アンモニウム飽和水溶液の質量パーセント濃度を求めよ。答えを と最大 2 桁の整数で表すとき, , として最も適切な数値を, 下記の①～⑩のうちからそれぞれ一つずつ選べ。なお, 例えば 5 % と解答する場合は, に⑩, に⑤を, それぞれマークせよ。

- | | | | | | | | |
|---|---------------------------------|---------------------------------|---|---|---|---|---|
| | <input type="text" value="13"/> | <input type="text" value="14"/> | % | | | | |
| ① | 1 | ② | 2 | ③ | 3 | ④ | 4 |
| ⑤ | 5 | ⑥ | 6 | ⑦ | 7 | ⑧ | 8 |
| | | | | ⑨ | 9 | ⑩ | 0 |

問 2 図2の領域 i ～ iii のうち, 液体の部分が常に塩化アンモニウムの飽和水溶液となっている領域はどれか。正しいものを, 以下の①～⑧のうちから一つ選べ。

-
- | | | |
|-----------------------|----------------|-----------------|
| ① 領域 i | ② 領域 ii | ③ 領域 iii |
| ④ 領域 i と領域 ii | ⑤ 領域 i と領域 iii | ⑥ 領域 ii と領域 iii |
| ⑦ 領域 i と領域 ii と領域 iii | ⑧ どの領域も該当しない | |

問 3 図 2 における曲線う—えの延長が、 20.0°C でとると予想される横軸の値に最も近い数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。

16 %

- | | | | | |
|------|------|------|------|------|
| ① 23 | ② 25 | ③ 27 | ④ 29 | ⑤ 31 |
| ⑥ 33 | ⑦ 34 | ⑧ 37 | ⑨ 38 | ⑩ 40 |

問 4 図 2 から言えることとして正しいものはどれか。以下の①～⑥のうちから二つ選べ。

17

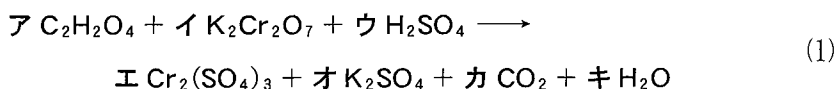
- ① 10.0°C の「試料」を冷却して氷と塩化アンモニウムの結晶との混合物としたものを、 -20.0°C から徐々に加熱したとき、 -15.8°C でとけ始めたならば、元の「試料」中の塩化アンモニウムの質量百分率は 19 % だったと言える。
- ② 10.0°C の「試料」を冷却して -10.0°C としたとき、塩化アンモニウム水溶液の質量パーセント濃度が 19 % であるならば、その水溶液は飽和水溶液である。
- ③ 塩化アンモニウムの質量百分率が 10 % の「試料」100 g を -10.0°C まで冷却して氷と塩化アンモニウム水溶液との混合物としたものに、塩化アンモニウムの結晶を 11 g 加え、温度を -10.0°C に保ちながらよくかき混ぜると、混合物に含まれていた氷はやがてすべてとける。
- ④ 曲線あ—うが示すのは、塩化アンモニウムの水に対する溶解度曲線である。
- ⑤ 曲線あ—うが示すのは、水の凝固点降下である。
- ⑥ 曲線う—えが示すのは、水の凝固点降下である。

問 5 水 100 g に 0.0°C で溶かすことができる塩化アンモニウムの質量の最大値は 29.4 g である。 0.0°C の飽和水溶液 100 g を -15.8°C で凍り始める直前まで冷やすと析出する塩化アンモニウムの質量は何 g か。最も近い数値を、以下の①～⑩のうちから一つ選べ。

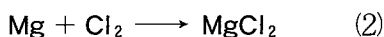
18 g

- | | | | | | |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| ① 3.7 | ② 4.6 | ③ 6.1 | ④ 8.0 | ⑤ 9.3 | ⑥ 10.4 |
| ⑦ 11.3 | ⑧ 12.8 | ⑨ 14.7 | ⑩ 16.0 | ⑪ 18.4 | |

第4問 希硫酸で酸性にしたシュウ酸 $\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4$ 水溶液の二クロム酸カリウム $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ 水溶液による酸化還元滴定に関する以下の各問い(問1～4)に答えよ。
 なお、この滴定では、式(1)に示す化学反応のみが起こるものとする(ア～キは係数であり、この化学反応式では、その値が1である場合も省略せずに1と記してあるものとする)。



問1 式(2)で表される酸化還元反応について、これに伴う原子1個あたりの酸化数の変化を「マグネシウム原子が2電子酸化され、塩素原子は1電子還元された」と記述するとき、式(1)に関する記述として正しいものを、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。



19

- ① クロム原子が6電子酸化され、炭素原子は6電子還元された。
- ② クロム原子が5電子酸化され、炭素原子は1電子還元された。
- ③ クロム原子が4電子酸化され、炭素原子は2電子還元された。
- ④ クロム原子が3電子酸化され、炭素原子は1電子還元された。
- ⑤ クロム原子が2電子酸化され、炭素原子は2電子還元された。
- ⑥ 炭素原子が1電子酸化され、クロム原子は2電子還元された。
- ⑦ 炭素原子が2電子酸化され、クロム原子は2電子還元された。
- ⑧ 炭素原子が1電子酸化され、クロム原子は3電子還元された。
- ⑨ 炭素原子が2電子酸化され、クロム原子は3電子還元された。
- ⑩ 炭素原子が2電子酸化され、クロム原子は6電子還元された。
- ⑪ 炭素原子が6電子酸化され、クロム原子は6電子還元された。

問 2 式(1)に関する下記の各説明のうち、正しいものを、以下の①～⑪のうちからすべて選び、解答欄 20 にそれらすべてをマークせよ。ただし、この問題では、選択した正解選択肢の数に応じて得点を与え、選択した不正解選択肢の数に応じて減点する。

20

- ① アとキは等しい。
- ② アはキの 2 倍に等しい。
- ③ アとイの和はウに等しい。
- ④ アとイとウの和はエとオとカの和に等しい。
- ⑤ アとウの和はキに等しい。
- ⑥ イとエとオは等しい。
- ⑦ イとエとオの和はアに等しい。
- ⑧ 力はアの 2 倍に等しい。
- ⑨ カとキは等しい。
- ⑩ カとキの和はウの 3 倍に等しい。
- ⑪ キはアの 2 倍に等しい。

問 3 1.500 mol/L シュウ酸水溶液 10.00 mL を採取し、2.000 mol/L 希硫酸を 15.00 mL 加えて得られた溶液を濃度不明の二クロム酸カリウム水溶液で滴定すると、25.00 mL 滴下したところで終点となった。この滴定に使用した二クロム酸カリウム水溶液の濃度は何 mol/L か。最も近い数値を、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。ただし、すべての水溶液の温度は、滴定の前後を通じて 25.0 °C で一定とする。

21

 mol/L

- | | | | |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| ① 1.00×10^{-2} | ② 2.00×10^{-2} | ③ 5.00×10^{-2} | ④ 1.00×10^{-1} |
| ⑤ 1.50×10^{-1} | ⑥ 2.00×10^{-1} | ⑦ 6.00×10^{-1} | ⑧ 1.00 |
| ⑨ 2.00 | ⑩ 2.50 | ⑪ 5.00 | |

問 4 問 3 の滴定の終点における水溶液の pH が、この水溶液中に含まれる未反応の硫酸の濃度のみによって決まるものとするとき、その pH はいくらとなるか。最も近い数値を、以下の①～⑪のうちから一つ選べ。ただし、滴定の終点における水溶液について、25.0℃、 1.013×10^5 Pa で気体となる物質は溶けておらず、未反応の硫酸は完全に電離しているものとする。また、水溶液同士の混合によって得られる水溶液の体積は、混合前の各水溶液の体積の和に等しく、化学反応の影響を受けないものとする。なお、この問題に解答するにあたり必要ならば、次の各数値を用いよ。 $\log_{10} 2 = 3.01 \times 10^{-1}$, $\log_{10} 3 = 4.77 \times 10^{-1}$, $\log_{10} 5 = 6.99 \times 10^{-1}$, $\log_{10} 7 = 8.45 \times 10^{-1}$

22

- | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ① 0.0 | ② 0.1 | ③ 0.4 | ④ 0.7 | ⑤ 1.1 | ⑥ 1.4 |
| ⑦ 1.5 | ⑧ 1.7 | ⑨ 2.4 | ⑩ 5.7 | ⑪ 7.0 | |

生 物

解答にあたっての注意

1. 複数の選択肢を選択して解答するときは、同じ解答欄に複数の選択肢をマークせよ。
2. 数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 問い(問1～6)に示す語句について、①～⑤のうちに正しいものが一つあるか、あるいは、誤っているものが一つあるかのどちらかである。①～⑤の正誤を判断し、正しいものが一つの場合は正しいもの、誤っているものが一つの場合は誤っているものとして最も適当なものを一つ選べ。なお、補足の文章がある問いは、その文章も読んで解答せよ。解答番号

1

 ～

6

問1 生物の分類体系と命名法

1

- ① 類縁関係の近い生物の集まりから順に、種・属・科・目・綱・門・界・ドメインとよばれる単位に、階層的に分類される。
- ② 系統分類では、相似の形質に着目して系統を推定し、系統から示される類縁関係に基づいて生物を分類する。
- ③ 生物の種の学名は世界共通で、国際的な取り決めによって定められており、基本的にラテン語で表記する。
- ④ ドメインは細菌(バクテリア)ドメイン、アーキア(古細菌)ドメイン、真核生物(ユーカリア)ドメインの3つにわけられ、真核生物は細菌よりもアーキアに近縁であると考えられている。
- ⑤ サケ *Oncorhynchus keta* は、タイセイヨウサケ *Salmo salar* よりもペニザケ *Oncorhynchus nerka* と類縁関係が近い。

問 2 大腸菌の遺伝子発現と発現調節 2

- ① DNA は細胞質基質(サイトゾル)中に存在し、一般にイントロンは存在せず、転写された mRNA はスプライシングされない。
- ② 転写と翻訳はほぼ同じ場所で行われ、転写が完了した mRNA に次々とリボソームが付着して翻訳が行われる。
- ③ オペロンを構成する構造遺伝子は、一つのプロモーターのもとでまとまって転写調節を受ける。
- ④ ラクトースオペロンでは、ラクトースがない場合、オペレーターにリプレッサーが結合し、RNA ポリメラーゼがプロモーターに結合できない。
- ⑤ ラクトースオペロンでは、ラクトースがある場合、ラクトースの代謝産物と結合したリプレッサーはオペレーターに結合できない。

問 3 カエルの発生 3

- ① 卵黄が植物極側に偏って分布しており、最初の 2 回は動物極と植物極を通る面で卵割が起こる。
- ② 精子が動物極側から進入すると、その反対側の卵表面に周囲と色調の変わった領域(灰色三日月環)が生じる。
- ③ 神経胚の時期には、神経板の中央がくぼみ、両側の縁が隆起してつながって生じた神経管がみられる。
- ④ 体節や側板は中胚葉由来であり、体節からは骨格筋や脊椎骨が、側板からは腎臓ができる。
- ⑤ 尾芽胚の時期には、神経管の前方部が膨らんで生じた脳の一部に、左右に膨れ出た眼胞がみられる。

問 4 ヒトの交感神経のはたらき 4

- ① 汗腺からの発汗の促進
- ② 瞳孔(ひとみ)の縮小
- ③ 心臓の拍動の抑制
- ④ 消化管のぜん動運動の促進
- ⑤ 排尿の促進(ぼうこうの収縮)

問 5 植物の花芽形成と日長の関係 5

アサガオ、アブラナ、オナモミ、コムギについて、以下の条件ア～エのどの光条件のとき、花芽を形成すると考えられるか。

条件ア：限界暗期よりも短い連続した暗期を与える。

条件イ：限界暗期よりも長い連続した暗期を与える。

条件ウ：限界暗期よりも長い暗期の間に短時間の光照射を行うが、光照射の前後の連続した暗期は限界暗期よりも短い。

条件エ：限界暗期よりも長い暗期の間に短時間の光照射を行うが、光照射前後のいずれかの連続した暗期は限界暗期よりも長い。

- ① アサガオおよびアブラナは、条件アおよび条件ウで花芽を形成する。
- ② アブラナおよびコムギは、条件アおよび条件エで花芽を形成する。
- ③ アブラナおよびオナモミは、条件イおよび条件ウで花芽を形成する。
- ④ アサガオおよびオナモミは、条件イおよび条件エで花芽を形成する。
- ⑤ オナモミおよびコムギは、条件ウおよび条件エで花芽を形成する。

問 6 個体数と個体群密度の調査 6

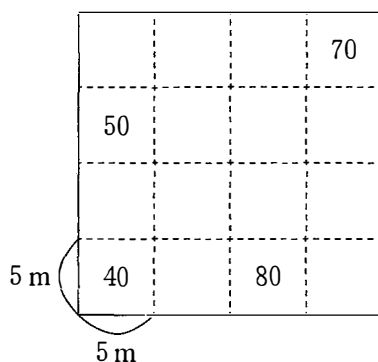
ある正方形の池(面積 400 m^2)に生息する生物オおよび生物カについて、以下の方法で調査して全個体数および個体群密度を推定した。なお、生物オおよび生物カはそれぞれの調査方法を適用するための条件をすべて満たしているものとする。

・生物オの調査方法

$5 \text{ m} \times 5 \text{ m}$ の区画を 16 区画設定し、そのうち 4 区画で個体数を数えた。その結果を図に示す。

・生物カの調査方法

1 回目の調査で生物カの雄 100 個体、雌 80 個体を捕獲し、捕獲したすべての個体に標識を付け、池に放流した。一定期間をおいた後、1 回目と同じ条件で捕獲調査を行った。その結果を表に示す。



図

表

調 査		雄	雌
1 回目	標識数	100	80
2 回目	再捕獲数合計	60	48
	標識再捕獲数	10	8

- ① 生物カの調査方法は、移動範囲がある程度広くよく動く生物に適している。
- ② この池に生息する生物オの推定全個体数は 960 個体である。
- ③ この池に生息する生物カの雄の推定全個体数は 600 個体である。
- ④ この池に生息する生物カの推定個体群密度は 2.7 個体/m^2 である。
- ⑤ この池では、生物オの方が生物カよりも個体群密度が高いと推定される。

第2問 次の文章ⅠとⅡを読み、以後の問い(問1～9)に答えよ。解答番号

7

～

18

Ⅰ 真核細胞は多くの区画をもち、リソソームではたらく酵素や細胞膜に埋め込ま
^Aれた受容体のように、さまざまなタンパク質が細胞小器官の膜や内腔、細胞膜や
細胞質基質(サイトゾル)などへ、さらには細胞外へも輸送される。タンパク質の
 合成は、原則として細胞質基質に遊離しているリボソーム(遊離リボソーム)と小
 胞体の膜に結合したリボソームで行われる。例外は、ミトコンドリアと葉緑体が
独自にもつリボソーム^Bで合成される独自のゲノムにコードされるいくつかのタン
 パク質だけである。ミトコンドリアと葉緑体の大部分のタンパク質は核のゲノム
 にコードされていて、遊離リボソームで翻訳され、合成されたポリペプチドは、
 それぞれの膜にあるチャンネルのような輸送装置を通して適切な区画へ輸送された
 後、そこで折りたたまれる。

遊離リボソームで合成されるタンパク質の輸送先は、その一次構造によって決
 まっている。アミノ酸配列にシグナル配列が含まれていると、それによってタン
 パク質は適切な区画へと輸送されるが、シグナル配列を欠くタンパク質はそのま
 ま細胞質基質にとどまる(図1)。図1に記した区画以外に輸送されるタンパク質
 のほとんどは、アミノ末端(N末端)に小胞体シグナル配列をもっている。それら
 は遊離リボソームで翻訳が開始されるが、小胞体シグナル配列が現れると、リボ
 ソームは翻訳を中断して小胞体に付着し、そこでタンパク質合成を再開する。そ
 の後、合成されたタンパク質は適切な区画へと送られることになる。

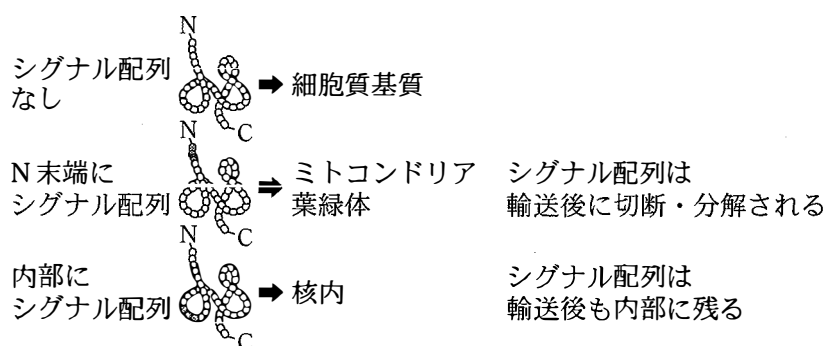


図1

注) N-：アミノ末端(N末端)，C-：カルボキシ末端(C末端)

問 1 下線部 A に関して、ある動物細胞内で合成されたタンパク質がどのような区画を経て分泌されるのかを明らかにするため、図 2 のような細胞を用いて次の実験を行った。培養液に放射性同位体で標識したアミノ酸(放射性アミノ酸)を加え、合成されるタンパク質を 3 分間標識し、その後通常の培養液に置き換えて培養した。放射性アミノ酸を加えてから 3 分後、20 分後、90 分後に放射線を出している区画を調べたところ、それぞれ別の区画で放射線が検出された。3 分後と 20 分後の時点で、図 2 のア～オのどの区画で放射線が検出されたと考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちからそれぞれ一つ選べ。

3 分後： , 20 分後：

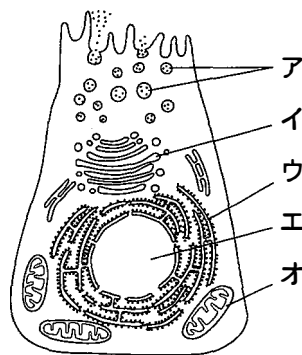


図 2

- ① ア ② イ ③ ウ ④ エ ⑤ オ

問 2 問 1 の動物細胞で発達している細胞小器官が、同様に発達している細胞が主たる機能をもっているものとして適当なものを、次の①～⑥のうちからすべて選べ。

- | | | |
|-------|-------|-------|
| ① 肺 | ② 唾 腺 | ③ 胸 腺 |
| ④ 胆のう | ⑤ 骨格筋 | ⑥ すい臓 |

問 3 下線部 B はそれぞれ何に由来すると考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちからそれぞれ一つ選べ。

ミトコンドリア： , 葉緑体：

- ① 祖先細胞となったアーキア
- ② 発酵を行う従属栄養の嫌気性細菌
- ③ 呼吸を行う従属栄養の好気性細菌
- ④ 化学合成を行う独立栄養の細菌
- ⑤ クロロフィル *a* をもつ光合成を行う独立栄養の細菌
- ⑥ バクテリオクロロフィルをもつ光合成を行う独立栄養の細菌

問 4 遺伝子組換え技術を使って、N 末端に小胞体シグナル配列、内部に核シグナル配列、カルボキシ末端(C 末端)にミトコンドリアシグナル配列をもつ遺伝子を作製した。この遺伝子からつくられるタンパク質は最初にどの区画へ輸送されると考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- | | | |
|---------|-----------|-------|
| ① 核内 | ② 小胞体 | ③ 葉緑体 |
| ④ 細胞質基質 | ⑤ ミトコンドリア | ⑥ 細胞膜 |

問 5 ミトコンドリアへのタンパク質の輸送には両親媒性の α ヘリックスをもつシグナル配列が重要なはたらきをしている。両親媒性とは、リン脂質分子のように、分子中に親水性の部分と疎水性の部分とが区別できる構造をもつことである。あるアミノ酸配列が両親媒性の α ヘリックスであるかを調べるためには、ヘリックスホイール(図3(i))に各アミノ酸を位置づければ判別できる。 α ヘリックスを上から見たとき、両親媒性であれば、ヘリックスホイールの一方の側に親水性のアミノ酸が位置し、もう一方の側に疎水性のアミノ酸が位置するはずである。図3(ii)に示したタンパク質カ〜クのN末端の18個のアミノ酸配列から、ミトコンドリアへ輸送されると考えられるものはどれか。それらを過不足なく含むものとして最も適当なものを、次の①〜⑦のうちから一つ選べ。 13

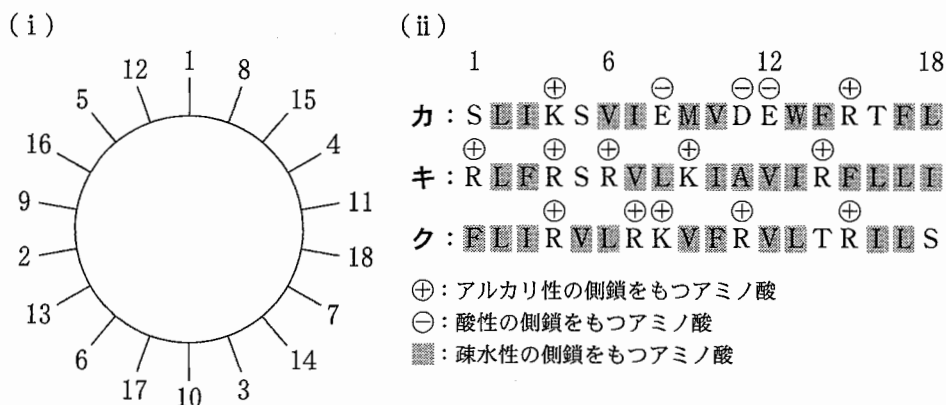


図 3

注) アミノ酸は1文字表記で表してある。

- | | | | |
|--------|--------|-----------|--------|
| ① カ | ② キ | ③ ク | ④ カ, キ |
| ⑤ カ, ク | ⑥ キ, ク | ⑦ カ, キ, ク | |

II 葉緑体は6つの区画から構成されていて(図4)、それぞれの区画に特異的なタンパク質が局在している。核ゲノムにコードされた葉緑体タンパク質の輸送について、シグナル配列の役割を調べるため、ストロマに局在するフェレドキシン(シグナル配列 sFD をもつ; sFD-FD)とチラコイド内腔に局在するプラストシアニン(シグナル配列 sPC をもつ; sPC-PC)の cDNA を合成した。フェレドキシンは内部に鉄と硫黄を含むタンパク質で、 NADP^+ を還元する酵素と結合し、光化学系 I からの e^- の受け渡しを行うことで NADPH の生成に関わっている。プラストシアニンは銅を含むタンパク質で、光化学系 II と光化学系 I との間での e^- の受け渡しに関わっている。

さらに、遺伝子組換え技術を使って、もとの sFD を sPC に置き換えたハイブリッドフェレドキシン(sPC-FD)ともとの sPC を sFD に置き換えたハイブリッドプラストシアニン(sFD-PC)の cDNA を作製した。4 つの cDNA を用いて、試験管内で転写と翻訳を行い放射性アミノ酸で標識した4つのタンパク質を合成した。合成したそれぞれのタンパク質と単離した葉緑体を混合し、葉緑体の各区画に含まれるタンパク質を電気泳動によって分離した(図5(i))。DNA断片の電気泳動と同様の原理で大きさにしたがって分離されたタンパク質の放射線を検出することで、各実験処理によるタンパク質の大きさの変化とその輸送先を調べた(図5(ii))。なお、泳動用タンパク質試料を調製する過程でタンパク質は変性し、結合しているタンパク質どうしは解離する。

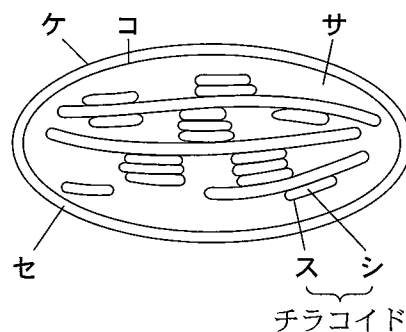


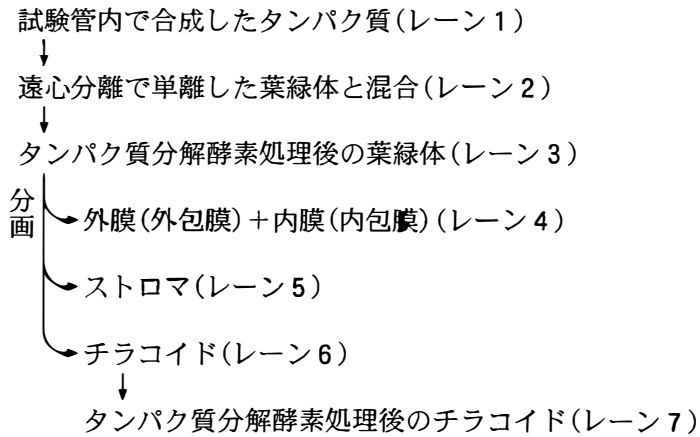
図4

問 6 下線部Cに関して、ATP 合成酵素とリブローズ 1,5-ビスリン酸カルボキシラーゼ/オキシゲナーゼ(ルビスコ)は、図 4 のケ～セのどの区画に局在しているか。最も適当なものを、次の①～⑥のうちからそれぞれ一つ選べ。なお、同じ選択肢を選択してもよい。

ATP 合成酵素： , ルビスコ：

① ケ ② コ ③ サ ④ シ ⑤ ス ⑥ セ

(i) 実験処理と電気泳動用タンパク質試料



(ii) 電気泳動の結果

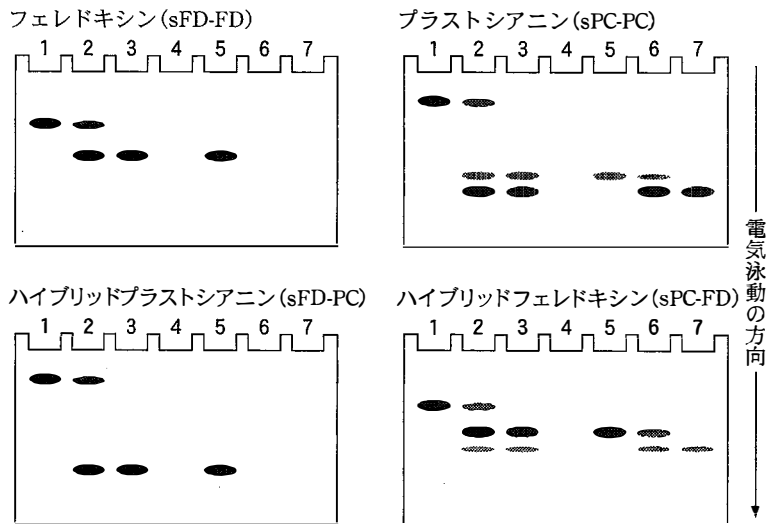


図 5

注) レーン3と7の試料の調製に用いたタンパク質分解酵素は、葉緑体またはチラコイド膜の外側に存在するタンパク質にのみ作用する。また、タンパク質の大きさは、放射線量(バンドの濃さ)に大きな影響を与えないものとする。

問 7 この実験で合成したタンパク質の葉緑体への輸送に関して、実験結果からは分からないものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

16

- ① レーン 1 ～ 3 を比較すると、合成したタンパク質が葉緑体へ輸送されたかどうか分かる。
- ② レーン 1 ～ 3 を比較すると、合成したタンパク質の大きさが葉緑体への輸送の前後で変化していることが分かる。
- ③ レーン 1 と 3 を比較すると、合成したタンパク質のすべてが葉緑体へ輸送されたことが分かる。
- ④ レーン 2 と 3 を比較すると、レーン 1 のバンドと同じ位置のレーン 2 のバンドが葉緑体へ輸送されていない合成したタンパク質であることが分かる。
- ⑤ レーン 4 ～ 7 を比較すると、合成したタンパク質が外膜あるいは内膜、ストロマ、チラコイドのいずれかの区画へ輸送されたかが分かる。

問 8 sPC-FD と sFD-PC の葉緑体への輸送に関して、実験結果からは分からないものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

17

- ① sFD-PC と sPC-FD は、外膜と内膜を通過した。
- ② sFD-PC は、sFD にしたがってストロマへ輸送された。
- ③ sPC-FD は、sPC をもつにもかかわらず、ストロマにとどまるものがあった。
- ④ sPC-FD は、sPC にしたがって混合したタンパク質のおよそ 2 分の 1 がチラコイドへ輸送された。
- ⑤ sFD と sPC は、タンパク質の輸送先を決めるはたらきがある。

問 9 電気泳動の結果、sFD-FD と sFD-PC では2つの異なる大きさをもつタンパク質のバンドが、sPC-PC と sPC-FD では3つの異なる大きさをもつタンパク質のバンドが観察された。また、バンドの太さや濃さにも違いがみられた。これらの結果とそれぞれのタンパク質の機能的特徴から考えられる考察として関係のないものはどれか。次の①～⑦のうちから二つ選べ。

18

- ① レーン2で観察されるレーン1のバンドと同じ位置にあるバンドは、mRNA から翻訳されたシグナル配列を含む前駆体タンパク質を示していると考えられる。
- ② レーン2で観察されるレーン1のバンドよりも下の位置にあるバンドは、葉緑体へ輸送された前駆体タンパク質のシグナル配列が除去されたものであると考えられる。
- ③ sFD は外膜と内膜を通過するために必要なシグナル配列であり、このシグナル配列のより N 末端側が膜間腔で、残りの部分がストロマで除去されることが考えられる。
- ④ sPC には外膜と内膜を通過するために必要なシグナル配列に続いて、チラコイド膜を通過するために必要なシグナル配列が含まれていると考えられる。
- ⑤ sPC-FD がストロマにとどまっている理由のひとつとして、フェレドキシンが本来の輸送先であるストロマで他のタンパク質と結合してしまったため、チラコイド膜を通過できないと考えられる。
- ⑥ sPC-FD がストロマにとどまっている理由のひとつとして、フェレドキシンが本来の輸送先であるストロマで折りたたまれて立体構造を形成してしまったため、チラコイド膜を通過できないと考えられる。
- ⑦ sFD や sPC は、前駆体タンパク質が鉄と硫黄あるいは銅と結合することによって輸送装置に認識され、タンパク質が適切な区画へと輸送されることが考えられる。

第3問 次の文章を読み、以後の問い(問1～7)に答えよ。解答番号 19 ～

30

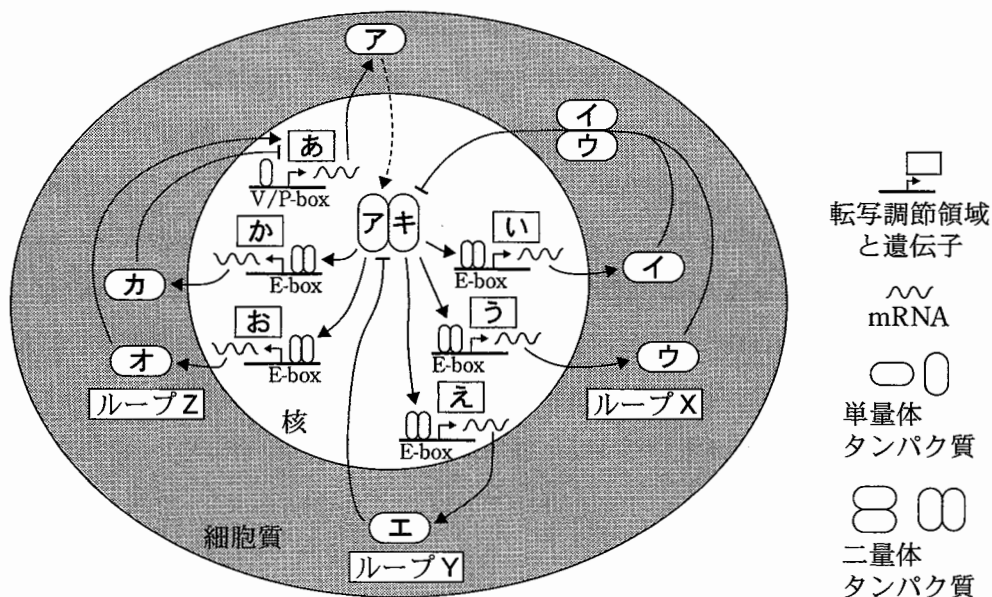
生物は環境の変化とは無関係に、およそ24時間の周期性(日周期)をもっている。この24時間を計る仕組みを生物時計といい、ヒトを含む非常に多くの生物がもっている。明期12時間/暗期12時間の明暗周期で飼育している生物時計の周期が24時間のキイロショウジョウバエについて、中枢神経にある時計細胞ではたらく生物時計に関連する遺伝子とタンパク質の相互作用を図に示す。

CLK/CYC二量体が、*per*、*tim*の転写調節領域内のE-boxに結合することで、明期の後半に転写を活性化させ、それぞれにコードされたタンパク質であるPERとTIMが暗期になると細胞質内に蓄積していく。TIMはPERと二量体を形成することでPERの分解を防ぐとともにPER/TIM二量体の核への移行を可能にする。核内へ移行したPER/TIMは、暗期の後半にCLK/CYCをE-boxから外すことで転写を抑制する。これにより、PER/TIMは自身の転写を抑制する負のフィードバックループを形成する。

CLK/CYC二量体によって転写が活性化され、翻訳されたVRI、PDP1は、単量体のまま核内に移行できる。VRIは*Clk*の転写を抑制し、PDP1は*Clk*の転写を活性化する調節タンパク質である。VRIの方がPDP1よりも早く蓄積することで、暗期の前半には*Clk*の転写は抑制され、その後、暗期の後半に*Clk*の転写は促進される。したがって、VRIとPDP1は、*Clk*の発現量を周期的に制御することで、二つ目のループを形成することになる。

さらに、それらのループとは独立して負のフィードバックループを形成する*cwo*があり、*per/tim*の転写抑制と同様に、直接的に自身の転写を抑制する。*cwo*はCLK/CYCによって周期的に転写される。CWOはPER/TIMによってCLK/CYCが外れた後のE-boxに強力に結合し、CLK/CYCの再結合を妨げることでフィードバック抑制を確実なものとしている。また、CWOは時計遺伝子以外のE-boxにも強力に作用する。

注) 遺伝子は斜体のアルファベット3文字で、その産物であるタンパク質は同じアルファベットをすべて大文字で表す。



注) E-box と V/P-box は転写調節領域内にある調節タンパク質が結合する特定の塩基配列である。mRNA から伸びる→は翻訳を，タンパク質から伸びる→は核内移行後の転写の促進を，→は核内移行後の機能または転写の抑制を，→は核内移行を示す。

問 1 図のうを *tim* とすると，ア，イ，エ，カにあてはまるものはどれか。最も適当なものを，次の①～⑦のうちからそれぞれ一つ選べ。

ア： ， イ： ， エ： ， カ：

- ① CLK ② CYC ③ CWO ④ PDP 1
⑤ PER ⑥ TIM ⑦ VRI

問 2 図のア～キの中で，一つだけ周期的に変化せず一定に発現しているものがある。それはどれか。最も適当なものを，次の①～⑦のうちから一つ選べ。

- ① CLK ② CYC ③ CWO ④ PDP 1
⑤ PER ⑥ TIM ⑦ VRI

問 3 下線部による制御に加えて、PER の活性や安定性はタンパク質リン酸化酵素である DBT によるリン酸化を介しても制御される。DBT は PER の特定の複数の部位に順番にリン酸基を付加していく。PER のリン酸化が進むと PER/TIM 二量体は DBT とともに核内に移行する。核内でさらにリン酸化が進んだ PER は最終的に分解される。ある *dbt* の変異体は PER へのリン酸基転移活性が高く、生物時計の周期は a。他の *dbt* の変異体は PER へのリン酸基転移活性が低く、生物時計の周期は b。また別の変異体では PER へのリン酸基の付加が行われないため、生物時計の周期は c。a ~ c 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①~⑥のうちから一つ選べ。 24

	a	b	c
①	長くなる	短くなる	なくなる
②	長くなる	なくなる	短くなる
③	短くなる	長くなる	なくなる
④	短くなる	なくなる	長くなる
⑤	なくなる	長くなる	短くなる
⑥	なくなる	短くなる	長くなる

問 4 生物時計は外界の明暗周期と同調するように調節を受けている。キイロショウジョウバエではCRYが生物時計の光同調メカニズムの鍵になっている。光を受けたCRYは細胞質、核内を問わずTIMと結合し、CRYとTIMのどちらもすぐに分解される。また、結合するTIMが存在しなくても、CRYは光を受けると分解されてしまう。明期6～18時、暗期18～翌6時の条件の部屋で飼育していたキイロショウジョウバエを、明期8～20時、暗期20～翌8時の条件の部屋へどちらの部屋も明期のときに移動した。移動した日の18～20時の間にキイロショウジョウバエの時計細胞で、光同調メカニズムはどのようにはたらくと考えられるか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。ただし、CRYは明期であってもTIMを分解するのに十分な量が発現しているものとする。

25

- ① 光を受けたCRYは結合するTIMがないはずなので単独で分解される。
- ② 核内に蓄積されはじめているはずのPER/TIM二量体のTIMが光を受けたCRYによって分解される。
- ③ 細胞質で二量体を形成しはじめているはずのPER/TIM二量体のTIMが光を受けたCRYによって分解される。
- ④ 細胞質に蓄積されはじめているはずのTIMが光を受けたCRYによって分解される。
- ⑤ 核内でCLK/CYC二量体の転写活性を抑制しているはずのPER/TIM二量体のTIMが光を受けたCRYによって分解される。

問 5 *per* はキイロショウジョウバエで初めて報告された時計遺伝子である。*per* は X 染色体上に存在し、1218 個のアミノ酸からなるタンパク質をコードする。最初に報告された 3 種類の変異体にみられた突然変異の全ては一塩基置換で、1 個のアミノ酸の置換、または、終止コドンへの置き換えが起こっていた。生物時計の周期が 29 時間と野生型よりも長くなった変異体に関する記述として正しいと考えられるものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 26

- ① リン酸化領域に生じたアミノ酸置換により、リン酸化が促進され、核内移行が遅くなった。
- ② リン酸化領域に生じたアミノ酸置換により、リン酸化が抑制され、核内移行が早くなった。
- ③ TIM との結合領域に生じたアミノ酸置換により、結合力が増加し、核内移行が早くなった。
- ④ TIM との結合領域に生じたアミノ酸置換により、結合力が減少し、核内移行が遅くなった。
- ⑤ アミノ末端 (N 末端) からおよそ 3 分の 1 の位置で生じた終止コドンにより、機能を失った。

問 6 図のループ Y に関する記述として正しいと考えられるものはどれか。適当なものを、次の①～⑤のうちから二つ選べ。 27

- ① 24 時間のリズムをつくる中心となるループである。
- ② 生物時計が刻む時刻情報を他の遺伝子に伝達する役割をもつループである。
- ③ ループ X と同様に自己フィードバックループを形成している。
- ④ ループ Y を構成する遺伝子 *el* の転写は、暗期の後半に活性化される。
- ⑤ ループ Y を構成するタンパク質 *E* は、ループ Z を構成するタンパク質 *C* と同じ仕組みで *ア/キ* 二量体のはたらきを抑制する。

問 7 生物時計は生物の行動に重要な時刻情報を与える。ハトは晴れた日中では太陽を利用して帰巢する方角を決定しているが、太陽の位置から方角を知るためには時刻も知っている必要がある。ハトは周期が 24 時間の生物時計を利用して帰巢する。実験に用いたハトは、太陽が南中する 12 時にある場所で放したとき、北に定位した。このハトの生物時計を実際の時刻より 4 時間 20 分進めた状態で、同じ時刻、同じ場所で放したとき、定位する方角は理論的に何度か。北を 0° として、時計回りに 0 から 359 の数字で答えよ。必要ならば、小数点以下第一位を四捨五入して答えよ。

百の位	十の位	一の位		
28	29	30	°	
① 1	② 2	③ 3	④ 4	⑤ 5
⑥ 6	⑦ 7	⑧ 8	⑨ 9	⑩ 0