

自然科学

問題冊子

指 示

合図があるまでは絶対に中を開けないこと

1. この試験は、資料を読んで、あなたがその内容をどの程度理解し、分析し、また総合的に判断することができるかを調べるためのものです。
2. この冊子には、数学、物理、化学、生物の4分野の問題がこの順序で掲載されています。その中から2分野を選んで解答して下さい。
3. いずれの分野も資料と問題から成っています。分野によっては、資料と問題が混在している場合があります。
4. 配点は各分野とも40点満点で、2分野の合計で80点満点です。
5. 解答のための時間は、「解答はじめ」の合図があってから正味80分です。
6. 使用する解答欄は、問題の前に指示してあります。解答欄は、多肢選択マークセンス方式のほか、一部に記述方式が含まれます。
7. 選んだ分野と答えは、解答カードの定められたところに指示どおりに鉛筆を用いて書き入れて下さい。一度書いた答えを訂正するには、消しゴムできれいに消してから、あらためて正しい答えを書いて下さい。
8. メモにはこの冊子の余白を用い、ほかの紙は使用しないで下さい。
9. 「解答やめ」の合図があったら、ただちにやめて下さい。試験監督が問題冊子と解答カードを集め終わるまでは、退室できません。
10. この指示について質問があるときは、試験監督に聞いて下さい。ただし、問題の内容に関する質問はいっさい受けません。
11. 解答上の注意が、裏表紙に記載してあるので、この問題冊子を裏返して必ず読んで下さい。ただし、問題冊子を開いてはいけません。

「受験番号」を解答カードの定められたところに忘れずに書き入れること

目 次

数 学	2
物 理	10
化 学	22
生 物	34

数 学

PART I と PART II の問題があります。マークセンス方式の解答欄 (1) ～ (17) および記述方式の解答欄 A ～ D を使って、あなたの答えを示しなさい。

PART I

n を正の整数とする。関数 $f(x)$ に対して、関数 $(I_n f)(x)$ を

$$(I_n f)(x) = \frac{1}{(n-1)!} \int_0^x t^{n-1} f(x-t) dt$$

と定める。例えば、 $f_0(x) = 1$ ならば、

$$\begin{aligned} (I_n f_0)(x) &= \frac{1}{(n-1)!} \int_0^x t^{n-1} f_0(x-t) dt = \frac{1}{(n-1)!} \int_0^x t^{n-1} dt \\ &= \frac{1}{(n-1)!} \left[\frac{1}{n} t^n \right]_0^x = \frac{1}{n!} x^n \end{aligned}$$

である。実は、 $\alpha > 0$ に対して、

$$(I_\alpha f)(x) = \frac{1}{\Gamma(\alpha)} \int_0^x t^{\alpha-1} f(x-t) dt$$

は分数階積分と呼ばれている。ただし、 $\Gamma(\alpha) = \int_0^\infty x^{\alpha-1} e^{-x} dx$ で、 $\Gamma(n) = (n-1)!$ である。
では、 $f_1(x) = x$ とする。

1. $(I_n f_1)(x)$ を求め、解答欄 A に記せ。

次に、 $f_2(x) = x^2$ とする。

2. $(I_n f_2)(x)$ を求め、解答欄 B に記せ。

3. 正しくないものは $\boxed{(1)}$ である.ただし, $n \neq 1$ とする.

a. $((I_n f_0)(x))' = (I_{n-1} f_0)(x)$, ただし $(I_0 f_0)(x) = f_0(x)$ とする.

b. $((I_n f_2)(x))' = (I_{n-1} f_2)(x)$, ただし $(I_0 f_2)(x) = f_2(x)$ とする.

c. $(I_n f_1)(x) = \frac{x}{n+1} (I_n f_0)(x)$

d. $(I_n f_2)(x) = \frac{x^2}{n+2} (I_n f_0)(x)$

さらに, 2つの関数 $f_1(x), f_2(x)$ に対して,

$$f_1(x) \bullet f_2(x) = \int_{-1}^1 f_1(x) f_2(x) dx$$

とおく. ここで, $P_0(x) = \frac{\sqrt{2}}{2}, P_1(x) = ax + b$ (ただし, $a > 0$) とする.

また, $P_0(x) \bullet P_1(x) = 0$ かつ $P_1(x) \bullet P_1(x) = 1$ が成り立つとする.

4. このとき,

$$a = \frac{\sqrt{\boxed{(2)}}}{\boxed{(3)}}, b = \boxed{(4)}$$

である.

5. もし $F(x) = jP_0(x) + kP_1(x)$ (ただし, j, k は実数) ならば, 等式

$$F(x) \bullet F(x) = \boxed{(5)} j^2 + \boxed{(6)} jk + \boxed{(7)} k^2$$

が成立する. ただし, 係数が 1 や 0 となることもある.

6. もし 2 次式 $P_2(x)$ が $P_0(x) \bullet P_2(x) = 0$ かつ $P_1(x) \bullet P_2(x) = 0$ かつ $P_2(x) \bullet P_2(x) = 1$ ならば,

$$P_2(x) = \pm \frac{\sqrt{10}}{\boxed{(8)}} \left(\boxed{(9)} x^2 - 1 \right)$$

である.

PART II

座標軸の定められた xy -平面上の点 P は、2つの実数の組 (a, b) で表わされる。 (a, b) を点 P の座標といい、 $P(a, b)$ とも書く。平面上の運動 (変換) を座標を使って調べてみよう。

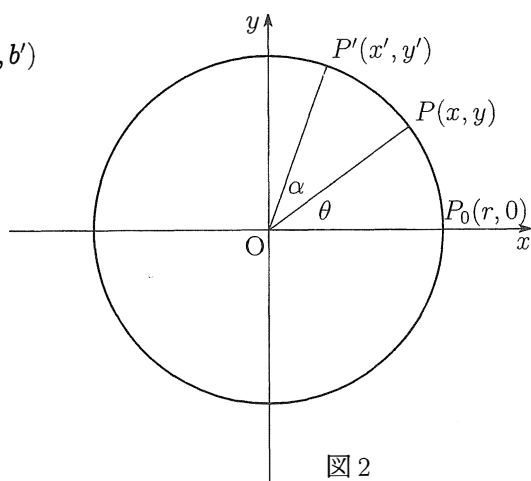
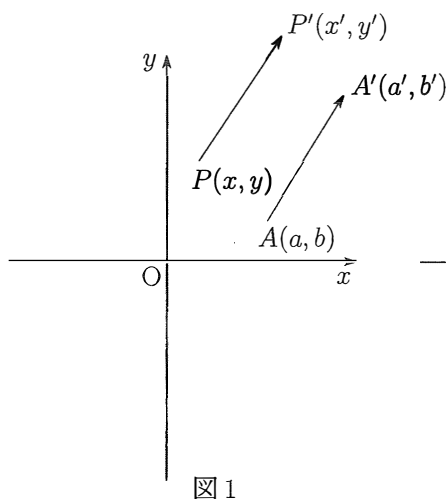
平面上の平行移動は、移動の向きと距離で決まる。平行移動により、図1の点 $A(a, b)$ が点 $A'(a', b')$ に移り、点 $P(x, y)$ が点 $P'(x', y')$ に移ったとすると、その関係は

$$x' = x + a' - a, \quad y' = y + b' - b$$

で与えられる (図1)。また、原点 $O(0, 0)$ を中心とした半径 r の円を考え、原点を中心に点 $P_0(r, 0)$ を角 θ だけ回転した点を $P(x, y)$ とすると、 P の座標は

$$x = r \cos \theta, \quad y = r \sin \theta$$

で表わされる (図2)。



また、正弦、余弦について、次の加法定理はよく知られている。

$$\begin{aligned} \sin(\alpha + \beta) &= \sin \alpha \cos \beta + \cos \alpha \sin \beta \\ \cos(\alpha + \beta) &= \cos \alpha \cos \beta - \sin \alpha \sin \beta \end{aligned}$$

7. 図2の円上の点 $P(x, y)$ を, 原点 O を中心として角 α だけ回転した点を $P'(x', y')$ とすると, 点 P' は点 P_0 を角 $\theta + \alpha$ だけ回転した点である. このとき, x', y' を x, y で表すと (10) である.

a. $x' = x \cos \alpha + y \sin \alpha, \quad y' = x \sin \alpha + y \cos \alpha.$

b. $x' = x \cos \alpha + y \sin \alpha, \quad y' = x \sin \alpha - y \cos \alpha.$

c. $x' = x \cos \alpha - y \sin \alpha, \quad y' = x \sin \alpha + y \cos \alpha.$

d. $x' = x \cos \alpha - y \sin \alpha, \quad y' = x \sin \alpha - y \cos \alpha.$

半径1の円上の点 $Q_0(1, 0)$ を、原点 O を中心に角 θ だけ回転した点を Q_1 とする。次に、点 Q_1 を中心とした半径1の円と直線 OQ_1 の交点のうち、点 O と異なる点を R_1 とし、点 R_1 を、点 Q_1 を中心に角 θ だけ回転した点を R_2 とする (図3)。

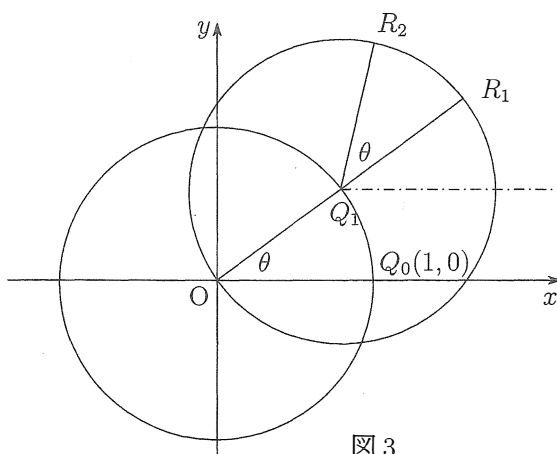


図3

8. このとき、点 R_2 の座標 (x, y) は $\boxed{(11)}$ をみたとす。

- a. $x = \cos 2\theta + \cos \theta, \quad y = \sin 2\theta + \sin \theta.$
- b. $x = \sin 2\theta + \sin \theta, \quad y = \cos 2\theta + \cos \theta.$
- c. $x = -\cos 2\theta + 2 \cos \theta, \quad y = -\sin 2\theta + 2 \sin \theta.$
- d. $x = -\sin 2\theta + 2 \sin \theta, \quad y = -\cos 2\theta + 2 \cos \theta.$

9. 問8で $\theta = \frac{\pi}{6}$ としたとき、点 R_2 の x 座標は $\frac{\sqrt{\boxed{(12)} + \boxed{(13)}}}{\boxed{(14)}}$ である。

10. 問8で点 R_2 の y 座標が0となるときの、 θ は $\frac{\boxed{(15)}}{\boxed{(16)}}\pi$ である。ただし $0 < \theta < \pi$ とする。

一般に、線分 AB の長さを $\overline{AB}$ と表わすことにする.

11. 三角形 $\triangle PQR$ を考える. 点 Q, R と異なり, 辺 QR 上にある点 T をとる. 辺の長さの比と三角形の面積の比について, 正しいものは $\boxed{(17)}$ である. ただし, $\overline{QT} \neq \overline{RT}$ とする.

a. $\frac{\overline{QT}}{\overline{RT}} = \frac{\triangle PQT \text{ の面積}}{\triangle PRT \text{ の面積}}$

b. $\left(\frac{\overline{QT}}{\overline{RT}} \right)^2 = \frac{\triangle PQT \text{ の面積}}{\triangle PRT \text{ の面積}}$

c. $\frac{\overline{QT}}{\overline{RT}} = \left(\frac{\triangle PQT \text{ の面積}}{\triangle PRT \text{ の面積}} \right)^2$

d. a, b, c のなかに正しいものはない.

図 4 のように, $\overline{PQ} = \overline{PR} > 3$, $\angle QPR = \frac{5\pi}{12}$ の二等辺三角形 $\triangle PQR$ と, 点 P を中心とした半径 2 の円 ℓ を考える. また, 辺 QR 上に, $\angle QPT = \frac{\pi}{6}$ となるような点 T をとる. さらに, 線分 PQ と円 ℓ との交点を点 Q' , 線分 PR と円 ℓ との交点を点 R' , 線分 PT と円 ℓ との交点を点 T' とする (図 4).

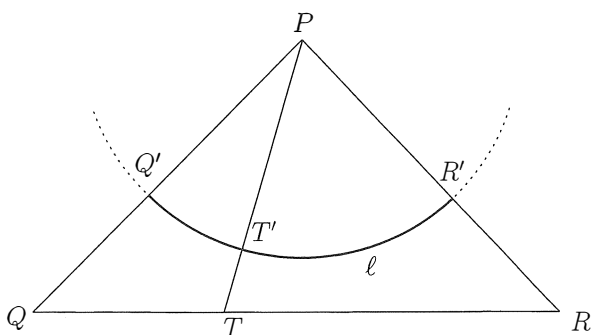


図 4

12. このとき, $\frac{\widehat{Q'T'}}{\widehat{R'T'}} \cdot \frac{\triangle PQT \text{ の面積}}{\triangle PRT \text{ の面積}}$ の値を求め, それぞれ解答欄 $\boxed{C}$, $\boxed{D}$ に記せ.

ただし, $\widehat{Q'T'}$, $\widehat{R'T'}$ はそれぞれ弧 $Q'T'$, $R'T'$ の長さを表わすものとする.

物 理

PART I と PART II の問題があります．マークセンス方式の解答欄 (1) ～ (10) および記述方式の解答欄 A ～ C を使って，あなたの答えを示しなさい．

PART I

ブランコを押して，その振れを効率よく大きくさせるためにはどうすればよいだろうか．簡単な例を用いて考えてみよう．

なめらかな水平面上に，ばね定数 k [N/m] の軽いばねの一端を固定して，他端に質量 M [kg] のおもりをとりつける．ばねを自然長からわずかに伸ばしたり縮めたりして手をはなすと，おもりは単振動を始める．以下の問題では，振動の周期 T_p [s] は常に一定であるとする．

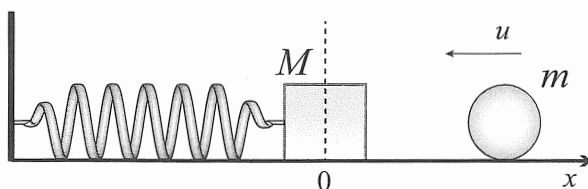


図 1 ばね定数 k [N/m] のばねに質量 M [kg] のおもりをとりつけ，右方から質量 m [kg] の球を衝突させる．

1. このおもりの単振動の周期 T_p [s] は，ばね定数 k とおもりの質量 M を用いて， $T_p = 2\pi k^p M^q$ と書かれる． (p, q) の正しい組合せを解答欄

A

 に記せ．たとえば， $T_p = 2\pi k^3 M^{-3/2}$ であれば， $(3, -\frac{3}{2})$ と記せ．

水平右向きを正の向きとして x 軸をとる．ばねにとりつけられたおもりの位置座標を x [m] とし，おもりが，ばねの自然長の位置にいるときの座標を $x = 0$ [m] とする．運動はつねに x 軸方向であるとする．

おもりは，はじめ $x = 0$ [m] に静止している．図 1 のように，質量 m [kg] の球が右方から一定の速さ u [m/s] で近づき，時刻 $t = 0$ [s] におもりと弾性衝突する．衝突によっておもりは初速 v_1 [m/s] で負の向きに動きだし，単振動を始める．

以下の問題では， m は M よりも十分小さいとする．また，球は，おもりと弾性衝突したのち，すばやく取り除かれ，以降の設定には影響を与えない．

2. 速さ v_1 [m/s] で負の向きに運動を始めたおもりは $x = x_1$ [m] まで達する． x_1 として正しいものを選び，解答欄

(1)

 に記せ．

a. $-\frac{M}{2k} v_1$

b. $-\frac{M}{k} v_1$

c. $-\sqrt{\frac{M}{2k}} v_1$

d. $-\sqrt{\frac{M}{k}} v_1$

$t = 0$ [s] に1回目の衝突が起きたのち、単振動しているおもりに、右方から再び一定の速さ u [m/s] で質量 m [kg] の球が近づき、時刻 $t = T_p$ [s] に右側から弾性衝突する。

3. 時刻 $t = T_p$ [s] に起きる2回目の弾性衝突直前における、おもりの位置座標、速さ、運動の向きの組合せ(位置座標, 速さ, 向き)として正しいものを選び、解答欄 (2) に記せ。

- a. $(0, v_1, \text{正の向き})$
- b. $(-x_1, 0, \text{静止})$
- c. $(0, v_1, \text{負の向き})$
- d. $(x_1, 0, \text{静止})$

4. 時刻 $t = T_p$ [s] に起きる2回目の弾性衝突直後における、おもりの速さを v_2 [m/s] とすると、定数 C を用いて

$$v_2 = \frac{2m}{M+m} u + C v_1$$

と表される。定数 C として正しいものを選び、解答欄 (3) に記せ。

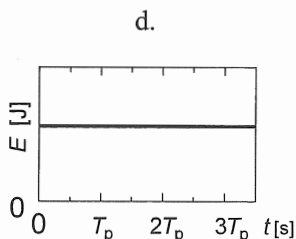
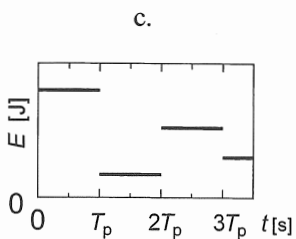
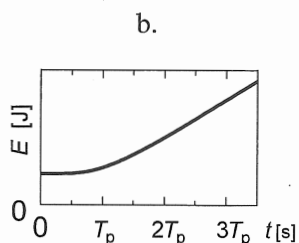
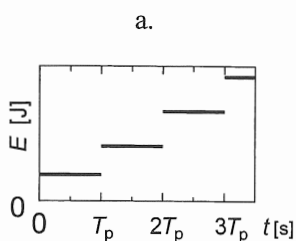
- a. $-\left(\frac{M-m}{M+m}\right)$
- b. $\frac{M-m}{M+m}$
- c. $-\left(\frac{2m}{M+m}\right)$
- d. $\frac{2m}{M+m}$

以下では同様に、 T_p [s] の時間間隔で質量 m [kg] の球を速さ u [m/s] でおもりに右側から弾性衝突させる．つまり、おもりと球の衝突は時刻 $t = 0, T_p, 2T_p, 3T_p, \dots$ [s] に起きる． i を 1 以上の整数として、 $t = (i-1)T_p$ [s] に起きる i 回目の衝突直後における、おもりの速さ v_i [m/s] と、 $t = iT_p$ [s] に起きる $(i+1)$ 回目の衝突直後における速さ v_{i+1} [m/s] の間には、問 4 で用いたものと同じ定数 C を用いて

$$v_{i+1} = \frac{2m}{M+m} u + C v_i$$

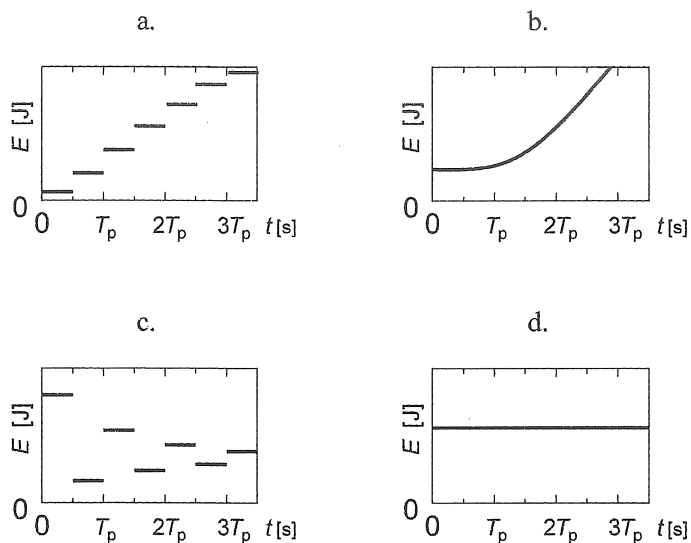
という関係式がなりたつ．

5. このとき、おもりとばねを合わせた全体のエネルギー（力学的エネルギー） E [J] は時刻 t [s] とともにどのように変化するか．以下のグラフのなかから最も適切なものを選び、解答欄 (4) に記せ．



これまでと同様、同一時間間隔で、質量 m [kg] の球を質量 M [kg] のおもりに右側から弾性衝突させる。ただし、今回は球とおもりの衝突の時間間隔は $T_p/2$ [s] とする。つまり、衝突の起きる時刻は $t = 0, T_p/2, T_p, 3T_p/2, \dots$ [s] である。衝突する球の速さは u [m/s] で常に同じである。

6. この場合の力学的エネルギー E [J] の時間変化はどのようなになるか。以下のグラフのなかから最も適切なものを選び、解答欄 (5) に記せ。



振動する物体に外部からある時間周期で力を加え続けるとき、振動体の力学的エネルギーの時間変化の様子は、加える力の時間周期に大きく依存する。

7. 時間間隔 T_p [s] で球をおもりに衝突させたときに起きる現象は何と呼ばれるか。解答欄 B に記せ。

PART II

電球に電流を通して点灯させる．このとき電球を流れる電流を I [A]，電球の両端にかかる電圧を V [V] とする．電球の電気抵抗 R [Ω] とすると，電流，電圧，および電気抵抗の間には，ア という関係（オームの法則）が成り立つ．電気抵抗 R が一定の場合には，横軸に電圧 V ，縦軸に電流 I を取ってグラフに表すと， I と V の関係は直線となる．実際に電球を点灯させて，電流，電圧を測定してみると，図 2(a) のようにグラフは直線にならない．この場合にも ア を用いて電気抵抗 R を定義すると，電気抵抗 R は，電流あるいは電圧の増加とともに イ することになる．

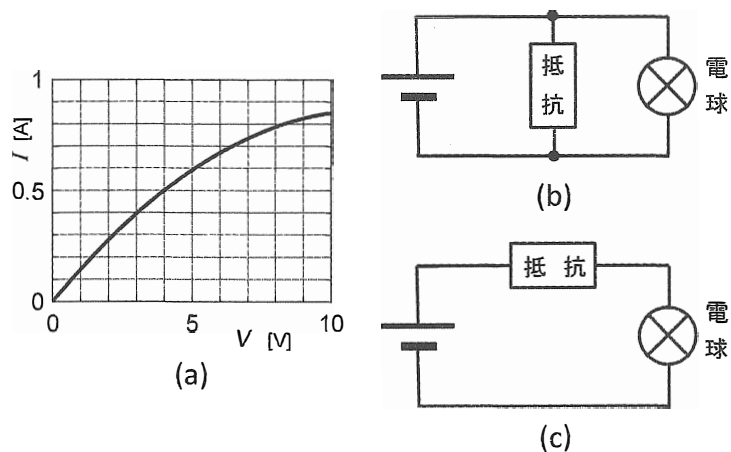


図 2 (a) 電球を流れる電流 I と電球両端の電圧 V の関係; (b) 電球と抵抗を並列に接続; (c) 電球と抵抗を直列に接続

8. および に入る適切な式，語句の組合せを選び，解答欄 に記せ．

- a. $\text{ア} : R = \frac{V}{I}$ $\text{イ} : \text{増加}$
b. $\text{ア} : R = \frac{I}{V}$ $\text{イ} : \text{増加}$
c. $\text{ア} : R = \frac{V}{I}$ $\text{イ} : \text{減少}$
d. $\text{ア} : R = \frac{I}{V}$ $\text{イ} : \text{減少}$

9. 「電気抵抗 R が，電流あるいは電圧の増加とともに する」理由は何か．10 文字程度で，解答欄 に記せ．

内部抵抗が無視できる起電力 8 V の電池にこの電球と $8\ \Omega$ の抵抗を接続する．この抵抗値は一定とする．まず，図 2(b) のように，電球と抵抗を並列に接続する場合には，電球にも抵抗にも等しく 8 V の電圧がかかるので，図 2(a) のグラフから電球を流れる電流の大きさも直ちに読みとることができる．

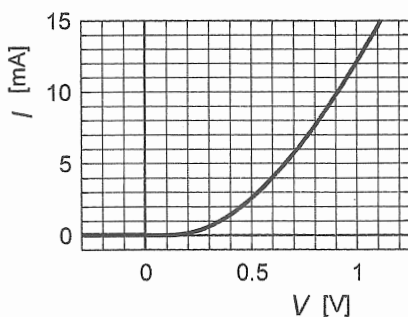
次に，図 2(c) のように，電球と抵抗を直列に接続する場合には，電球にかかる電圧 V ，電球を流れる電流 I が満たすべき関係式を考え，その関係式と図 2(a) の特性曲線とを組み合わせることによって， V および I を決定することができる．

10. 図 2(b) のように，電球と抵抗を並列に接続した場合に，電球で消費される電力を $P_{\text{並列}} [\text{W}]$ とする．図 2(c) のように，電球と抵抗を直列に接続した場合に，電球で消費される電力を $P_{\text{直列}} [\text{W}]$ とする．比 $(P_{\text{並列}}/P_{\text{直列}})$ の値として最も適切なものを選び，解答欄 に記せ．

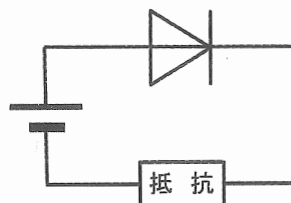
- a. 0.6
b. 1.5
c. 3.2
d. 5.0

このように，ある特性曲線をもつ素子が含まれる電気回路に流れる電流を求めるためには， V と I が満たすべき関係式を考え，その関係式と特性曲線を組み合わせて考えると有効であることが多い．

図 3(a) に示すような特性曲線をもつダイオードを，図 3(b) のように， $120\ \Omega$ の抵抗と直列につなぎ，起電力 $1.2\ \text{V}$ の電源に接続する．



(a)



(b)

図 3 (a) ダイオードを流れる電流 I とダイオード両端の電圧 V の特性曲線；
(b) ダイオードと抵抗を直列接続した回路

11. ダイオードには順方向に電圧 ($V > 0$) が加わっているとする．このときダイオードで消費される電力として最も適切なものを選び，解答欄 (8) に記せ．ただし，電源の内部抵抗は無視する．

- a. $1.3\ \text{mW}$
- b. $3.1\ \text{mW}$
- c. $5.3\ \text{mW}$
- d. $7.4\ \text{mW}$

通常、ダイオードは半導体のpn接合からなる素子である。pn接合を用いると、発光ダイオード(LED)のように電気エネルギーを光エネルギーに変換したり、逆に、光エネルギーを電気エネルギーに変換したりすることができる。光エネルギーを電気エネルギーに変換する素子として太陽電池がよく知られている。太陽電池はどのような抵抗(負荷)を接続して用いるかによって、取り出せる電力の値が変化する。

太陽電池を起電力 V [V] で用いるときに、取り出せる電流の値を I [A] とする。 I の値を V の関数としてグラフにしたものは、太陽電池の特性曲線と呼ばれる。いま、ある太陽電池の特性曲線が図4(a)のように与えられている。

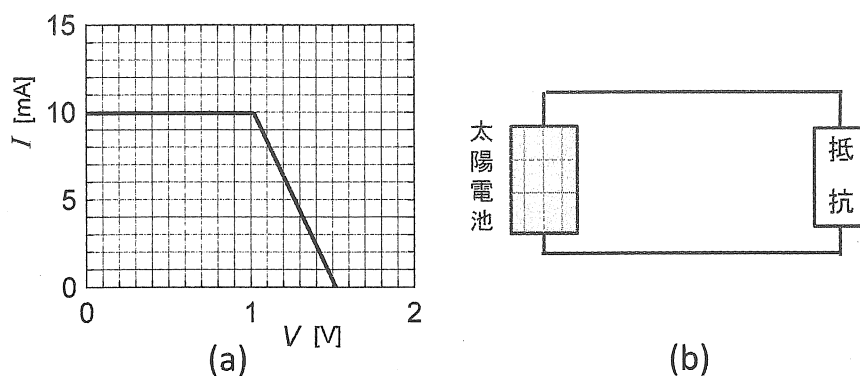
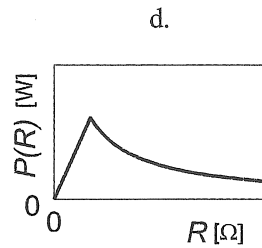
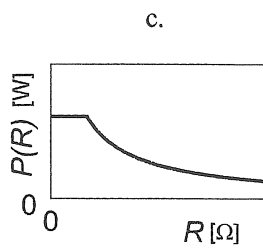
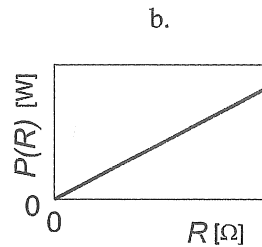
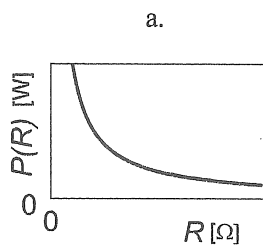


図4 (a) 太陽電池の特性曲線; (b) 太陽電池と抵抗からなる回路

12. この太陽電池を、図4(b)のように、 $50\ \Omega$ の抵抗につないだとき、抵抗で消費される電力として最も適切なものを選び、解答欄 (9) に記せ。ただし、太陽電池の内部抵抗は考えなくてよい。

- a. 0.5 mW
- b. 2 mW
- c. 5 mW
- d. 10 mW

13. この太陽電池を $R [\Omega]$ の抵抗に接続したとき、抵抗で消費される電力の大きさを $P(R) [\text{W}]$ と表す. R に対する $P(R)$ の変化を表すグラフとして、最も適切なものを以下から選び、解答欄 (10) に記せ.



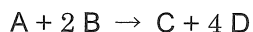
(このページは空白です。)

化 学

PART I ～ PART IV の問題があります。マークセンス方式の解答欄 (1) ～ (11) および記述方式の解答欄 A と B を使って、あなたの答えを示しなさい。

PART I

ある気体 A と気体 B を混合すると気体 C と気体 D を発生する以下のような反応がある。



ここで、逆反応は起こらないものとする。

1. この反応の反応熱を求め、解答欄 (1) に記入しなさい。ただし、A, B, C, D の生成熱は各々、75, 20, -90, 0 kJ/mol とする。
 - a. 25 kJ/mol
 - b. -25 kJ/mol
 - c. 205 kJ/mol
 - d. -205 kJ/mol

2. 容積 10 L の容器に、A を 1.0 mol、B を 4.0 mol 入れて反応を開始させたところ、しばらくすると A は 0.5 mol に減少していた。この容器の温度は一定に保たれていたとすると、圧力の変化について一番近いものを選び、解答欄 (2) に記入しなさい。

- a. 変化なし
- b. 20 %増
- c. 30 %増
- d. 70 %増

3. 反応初期の A と B の分圧を変化させたときに、C の生成速度は C や D の分圧に関わらず、以下の表のように変化したとする。

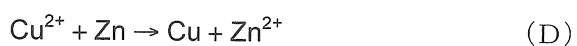
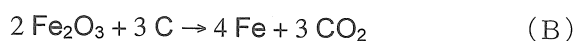
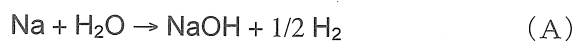
実験	A の分圧 [Pa]	B の分圧 [Pa]	C の生成速度 [mol/(L·s)]
1	0.10	0.10	6.4×10^{-4}
2	0.20	0.10	1.3×10^{-3}
3	0.20	0.20	5.1×10^{-3}

10 L の容器に A の分圧が 0.10 Pa、B の分圧が 0.40 Pa になるように混合した。反応を開始させたのち、A の分圧が 0.05 Pa に減少していた時点での C の生成速度について一番近いものを選び、解答欄 (3) に記入しなさい。温度は一定であったとする。

- a. 1.0×10^{-2} mol/(L·s)
- b. 2.9×10^{-3} mol/(L·s)
- c. 9.6×10^{-4} mol/(L·s)
- d. 3.2×10^{-4} mol/(L·s)

PART II

4. 以下に示す反応式 (A) ~ (D) の中で，酸化剤として働いている物質を正しく挙げているものを選び，解答欄 (4) に記入しなさい．ただし，いずれの反応も逆反応は起こらないものとする．



	(A)	(B)	(C)	(D)
a.	H ₂ O	Fe	H ₂	Cu ²⁺
b.	Na	Fe	N ₂	Zn
c.	H ₂ O	Fe ₂ O ₃	N ₂	Cu ²⁺
d.	Na	Fe ₂ O ₃	H ₂	Zn

5. 次の(ア)～(ウ)の文章を読んで、問いに答えなさい。
- (ア) 中和滴定における中和点では水溶液の pH は常に 7.0 である。
- (イ) 0.01 mol/L の塩酸を、水で 100 倍に希釈したとき、その水溶液の pH は約 4.0 である。
- (ウ) pH が 8.0 の水酸化カリウム水溶液を、水で 100 倍に希釈したとき、その水溶液の pH は約 6.0 である。
- (ア)～(ウ)の文章の正誤について適切な組み合わせを選び、解答欄 (5) に記入しなさい。

	(ア)	(イ)	(ウ)
a.	誤	誤	正
b.	正	正	正
c.	誤	正	誤
d.	正	誤	誤

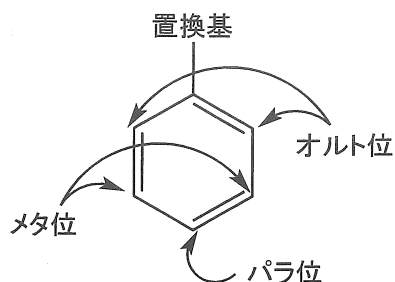
6. それぞれ 0.1 mol/L の濃度で、 Ag^+ 、 Al^{3+} 、 Ba^{2+} を含む透明な水溶液がある。この水溶液をそれぞれ 6 本の試験管に分け取った。それぞれの試験管に対し、次に示す塩を 0.1 mol/L の濃度で含む水溶液 1 mL を加えたとき、沈殿が生じた塩をすべて選び、解答欄 (A) に記入しなさい。

Na_2S 、 NaNO_3 、 NaOH 、 Na_2CO_3 、 Na_2SO_4 、 NaCl

PART III

ベンゼンに代表される芳香族化合物は様々な置換反応を起こすことが知られている。塩素化や臭素化などのハロゲン化反応，ニトロ化反応，スルホン化反応や，フリーデル・クラフツ反応などがその代表である。これらの反応によって，ベンゼン環に様々な官能基を導入可能である。

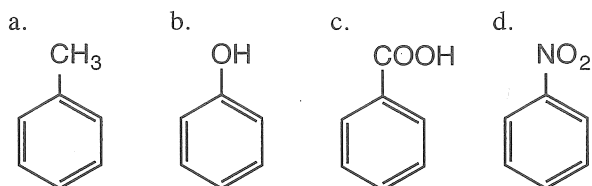
一方，トルエンなどすでにベンゼン環上に置換基が存在する場合，すでに存在する置換基に対し，どの位置に新しい官能基が導入されるか，という問題が生じる。そこで，位置関係を区別するために，置換基に対して，隣の位置をオルト位，その隣をメタ位，さらにその隣をパラ位と呼ぶ。置換基によって，どの位置で置換反応が進行しやすいか，ということが決まっており，このような性質を「置換基の配向性」と呼ぶ。炭化水素基や，ヒドロキシ基，アミノ基などはオルト位とパラ位で置換反応が進行するのに対し（オルト-パラ配向性），ニトロ基や，カルボキシ基，スルホ基，カルボニル基などはメタ位で進行する（メタ配向性）。



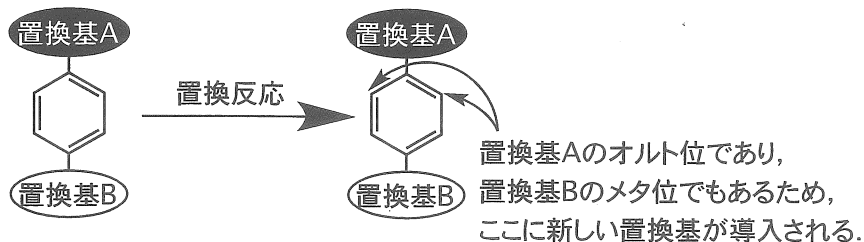
7. ベンゼンに対して，次の試薬を作用させて，置換反応を行った。それぞれの生成物に対して，炭酸水素ナトリウム水溶液を加えた場合，発泡がみられるものを選び，解答欄 (6) に記入しなさい。

- a. 濃硫酸
- b. 硝酸＋硫酸
- c. 臭素＋鉄粉
- d. 水素＋白金

8. 化合物 A に対して、臭素化反応を行ったところ、生成物は2種類得られた。一方、化合物 A を触媒存在下、酸化反応を行ったのち、臭素化反応を行ったところ、生成物は1種類であった。化合物 A を次のうちから選び、解答欄 (7) に記入しなさい。ただし、それぞれの臭素化反応において、臭素原子は1つだけ導入されるものとする。



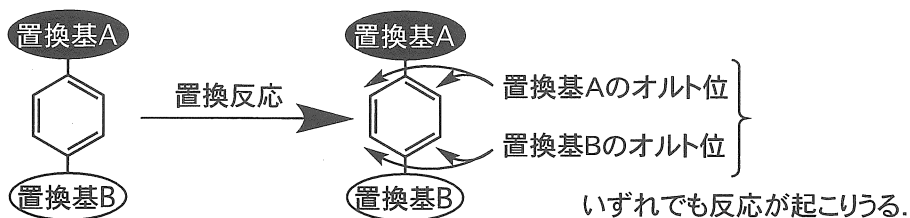
このような「置換基の配向性」という性質は、置換基が複数存在しても成立する。その場合、それぞれの置換基の配向性が重なる位置で置換反応が進行する（図1）。一方、それぞれの置換基の配向性による反応位置が重ならない場合、そのいずれでも反応が進行しうる（図2）。



置換基A : オルトーパラ配向性

置換基B : メタ配向性

(図1) 置換基の配向性による反応位置が重なる場合



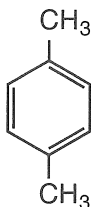
置換基A : オルトーパラ配向性

置換基B : オルトーパラ配向性

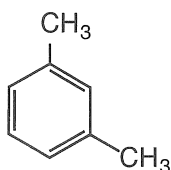
(図2) 置換基の配向性による反応位置が重ならない場合

9. 次に示す化合物のうち、臭素化反応を行った場合、複数の生成物が生じる可能性があるものを選び、解答欄 (8) に記入しなさい。ただし、それぞれの臭素化反応において、臭素原子は1つだけ導入されるものとする。

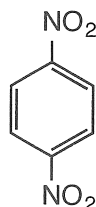
a.



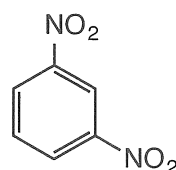
b.



c.



d.



10. ベンゼンから出発して、(1)～(4)に示す試薬を用いて、4段階の反応を行い、次々に化合物を変換し、2つの官能基が導入された芳香族化合物を合成したい。このときに得られる生成物の構造式を解答欄 (B) に記しなさい。ただし、試薬を用いる順番は自由に変えて良いものとする。

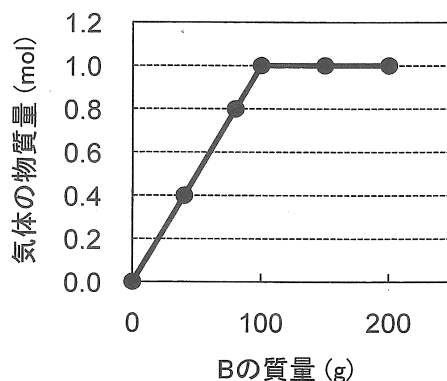
- (1) 塩素＋鉄粉
- (2) 水酸化ナトリウム水溶液（高温・高圧）
- (3) 塩酸
- (4) 二酸化炭素（高圧）

PART IV

ある 2 族の金属元素 A とその化合物についていくつかの実験を行った。

A の無機化合物である無色の固体 B を希塩酸 (R とする) と反応させると、気体 C が発生した。気体 C は水に溶け、水溶液は弱酸性を示した。気体 C を A の水酸化物の水溶液に通じたところ B が沈殿したが、さらに C を通じつづけると B は溶解した。B は 900°C に加熱すると気体 C が発生し、加熱を続けると無色の固体 D が得られた。

原子量の値は、 $\text{H} = 1$, $\text{Be} = 9$, $\text{C} = 12$, $\text{O} = 16$, $\text{Mg} = 24$, $\text{Ca} = 40$, $\text{Sr} = 88$, $\text{Ba} = 137$ を用いよ。

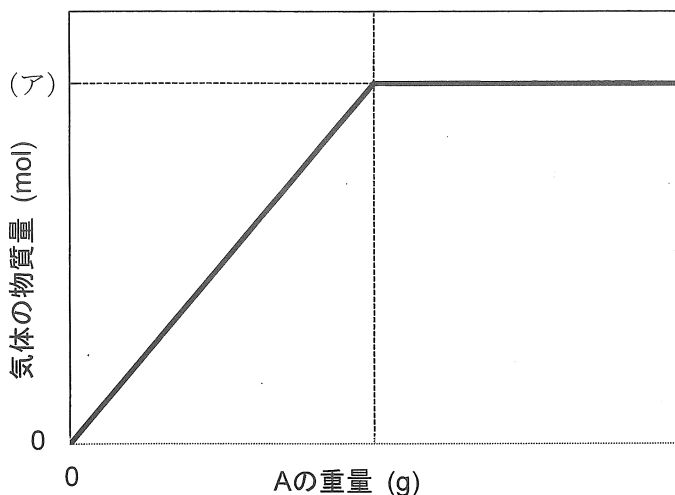


(図3) 固体Bと希塩酸Rとの反応

11. 無色の固体 B の量をいろいろ変えて 1 L の希塩酸 R に加える実験を行い、使用した B の重量と発生した気体 C の物質量の関係を (図 3) に示した。希塩酸 R の濃度を、次の中から選び、解答欄 (9) に記入しなさい。

- a. 0.5 mol/L
- b. 1.0 mol/L
- c. 2.0 mol/L
- d. 5.0 mol/L

12. 金属 A も希塩酸 R と反応させると気体 E が発生した. A の量を種々変えて 1 L の希塩酸 R と反応させたときの気体 E の発生量をグラフにしたところ, (図 4) のようになった. 空欄 (ア) に入る数値を解答欄 (10) に記入しなさい.



(図4) 金属Aと希塩酸Rとの反応

13. 金属 A は冷水と反応し, 透明な水溶液 F となった. F についての記述のうち, 正しいものの組合せを選び, 解答欄 (11) に記入しなさい.

- (ア) F に気体 C を通じさせると白色沈殿が生成した.
- (イ) F に気体 E を通じさせると白色沈殿が生成した.
- (ウ) F に希塩酸 R を加えると気体 C が発生した.
- (エ) F に希硫酸を加えると白色沈殿が生成した.

- a. (ア) と (イ) と (ウ)
- b. (ア) と (ウ)
- c. (ア) と (エ)
- d. (イ) と (ウ) と (エ)

(このページは空白です。)

生 物

PART I ～ PART IV の問題があります。マークセンス方式の解答欄 (1) ～ (8) および記述方式の解答欄 A ～ E を使って、あなたの答えを示しなさい。

PART I

以下の文章は、発生、核酸合成、共生、タンパク質の翻訳についての記述である。

(ア) イモリの神経誘導によってできた神経管は、後方部が脊髄になり、前方部が脳になる。神経胚後期には脳の両側に眼胞が生じ、次いで眼杯になる。尾芽胚期には、眼杯からの誘導により、眼杯に接している表皮は水晶体になる。さらに水晶体は、接する表皮から角膜を誘導する。

(イ) ある種のウィルスは、RNA から DNA を合成する働きがある逆転写酵素をもっている。この酵素を用いて mRNA から合成した DNA を cDNA (相補的 DNA) という。

(ウ) 根粒菌などの細菌は、空気中の窒素を取り込んで、アンモニウムイオンに還元して利用することができる。このような働きを窒素同化という。ダイズやレンゲソウなどのマメ科植物の根には、根粒菌が根の細胞に入り込んできた根粒がある。マメ科植物は、根粒菌の働きにより生成されたアンモニウムイオンを用いて窒素固定を行う。

(エ) リボソームが mRNA 上を移動して終止コドンまで到達すると、それらに対応するアンチコドンをもつ tRNA が存在しないため、翻訳が終了して、ポリペプチド鎖とリボソームが mRNA から離れる。翻訳直後のタンパク質における最後のアミノ酸は、終止コドンの前のコドンが指定するアミノ酸となる。

1. 上記の (ア) ～ (エ) の中で、正しい記述はいくつあるか、下記の中から選び、解答欄

(1)

 に記入しなさい。

- a. 1
- b. 2
- c. 3
- d. 4

PART II

ドジョウの個体数に関する以下の文章を読み、問いに答えよ。

ある沼に生息するドジョウは A 種のみである。この沼における A 種のドジョウの個体数を調査するために以下のような標識再捕法による実験を行った。

- 1) まず、この沼の複数箇所に捕獲装置を設置して、2500 匹のドジョウを捕獲した。
- 2) これらのドジョウすべてに標識をつけて、この沼に放した。
- 3) 3 日後に同様の方法でドジョウを 2000 匹捕獲したところ、150 匹に標識がついていた。
- 4) 無標識個体に新たに標識をつける操作をせずに、3) で捕獲した 2000 匹のドジョウすべてをこの沼に放した。
- 5) なお、この沼で今回の実験期間中には、①ドジョウ個体群内に死亡・出生はなく、②標識個体と非標識個体は均一に混ざり合い、③他の同種個体群と移出入はなかったものとする。

2. この沼に生息する A 種のドジョウの個体数として、最も適切なものを下記から選び、解答欄 (2) に記入しなさい。

- a. 11000 匹
- b. 33000 匹
- c. 111000 匹
- d. 333000 匹

侵略的外来種の危険性を想定実験するため、前ページの 4) の操作後に下記のような生態系の人為的变化があったとする。

- 6) A 種の近縁種である B 種のドジョウ 50000 匹と、A 種と B 種の双方のドジョウを捕食する C 種の外来魚 100 匹がこの沼に放された。
- 7) C 種の外来魚 1 匹は 1 日あたり約 50 匹のドジョウを捕食する。
- 8) A 種と B 種のドジョウが共存する場合も、C 種の外来魚の 1 日あたりのドジョウ捕食量は同じであるが、A 種と B 種のドジョウの捕食比率は 1 : 4 である。
- 9) 上記 6) の 10 日後、前ページの 1) と同様の方法で 3300 匹のドジョウを捕獲して、標識のついた A 種のドジョウの個体数を調べた。
- 10) なお、この沼で今回の実験期間中には、①ドジョウ個体群内に出生はなく、C 種による捕食以外による死亡はなく、②標識個体と非標識個体は均一に混ざり合い、③B 種のドジョウ 50000 匹の放流以外には他の同種個体群と移出入はなく、④A 種と B 種のドジョウは均一に混ざり合い、9) における捕獲されやすさに違いはなかったものとする。

3. 問 2 の A 種のドジョウの個体数予測値が実際に存在する個体数とほぼ同じであった場合、上記の 9) における標識のついた A 種のドジョウの個体数として、最も適切なものを下記から選び、解答欄

(3)

 に記入しなさい。

- a. 175匹
- b. 350匹
- c. 1750匹
- d. 3500匹

PART Ⅲ

ある植物における花色の遺伝に関する以下の文章を読み、問いに答えよ。

- 1) この植物の花色には、赤色、白色、桃色がある。
 - 2) この植物の花色は1遺伝子座によって制御されている。
 - 3) 赤色系統と白色系統のそれぞれの遺伝子型はAA, aaである。
 - 4) 赤色系統と白色系統を交配して得た雑種第一代の花色は桃色である。
4. 上記1)～4)の遺伝様式と最も関連性の高い用語を下記から選び、解答欄 (4) に記入しなさい。

- a. 補足遺伝子
- b. 条件遺伝子
- c. 不完全優性
- d. 複対立遺伝子

5. 上記4)で得た雑種第一代の自家受粉により、雑種第二代を得た。雑種第二代の花色の分離比として最も適切なものを下記から選び、解答欄 (5) に記入しなさい。

- a. 赤色：桃色：白色＝2：1：1
- b. 赤色：桃色：白色＝1：2：1
- c. 赤色：桃色：白色＝1：1：2
- d. 赤色：桃色：白色＝1：1：1

前ページの植物個体群が広大な圃場（ほじょう）で栽培されている。この集団における現在の花色の比率は赤色：桃色：白色＝5：2：3である。今後も下記1）～5）を全て満たす条件下で交配がおこり、世代が進行するものとする。

- 1) 集団のサイズが十分に大きい。
- 2) この集団内の個体間の交配は任意（ランダム）に行われる。
- 3) 突然変異はおこらない。
- 4) 他の同種個体群と移出入はない。
- 5) 自然選択は働かない。

6. 現在の次の世代を第一世代とすると、第三世代における対立遺伝子 a の頻度として、最も適切なものを下記から選び、解答欄 (6) に記入しなさい。

- a. 0.8
- b. 0.6
- c. 0.4
- d. 0.2

PART IV

生物の光応答に関する以下の文章を読み、問いに答えよ。

生物はそれぞれが生育する環境における光刺激にさまざまなかたちで応答している。多くの生物は、光の強さ、波長、明暗周期などを読み取り、それぞれの生理応答や形態形成に利用している。

プラナリアは2つの単眼をもっている。脳で2つの単眼から来る光刺激による活動電位の頻度を比較して、その頻度がどちらも同じで、かつ光刺激が弱くなるように体の方向を調節する。そのため、(ア)進んで行く。このように、光刺激に応答して移動するプラナリアの行動(性質)を(イ)という。

7. 上記の文章中の(ア)と(イ)に入る用語の適切な組合せを、下記の中から1つ選び、解答欄

(7)

 に記入しなさい。

- a. (ア) 光源に近づくように (イ) 正の光走性
- b. (ア) 光源から遠ざかるように (イ) 正の光走性
- c. (ア) 光源に近づくように (イ) 負の光走性
- d. (ア) 光源から遠ざかるように (イ) 負の光走性

外界環境の明暗が変化した際、ヒトの眼は（ウ）の収縮と弛緩（しかん）により、瞳孔（どうこう）の大きさを変化させて、眼に入る光量を調節している。

また、視細胞の色素量も外界環境の明るさによって変化する。光が強いときには、色素が光を吸収して分解する反応が連続して起こり、色素の再生産が間に合わなくなり色素量が減少する。このため、視細胞の光に対する反応感度が低下する。このことを（エ）という。

8. 上記の文章の（ウ）と（エ）に入る用語の適切な組合せを、下記の中から1つ選び、解答欄 (8) に記入しなさい。

- a. （ウ）虹彩（こうさい）（エ）明順応
- b. （ウ）毛様筋 （エ）明順応
- c. （ウ）虹彩（こうさい）（エ）光化学反応
- d. （ウ）毛様筋 （エ）光化学反応

1日あたりの明期と暗期の長さは、年間を通じて変化する。この変化は、赤道付近の地域では小さく、緯度が高いほど大きい。このように日長に反応して、植物が花芽を形成したり、動物が繁殖時期を決定したりする性質を（オ）という。実際には、連続した暗期の長さが生物にとって重要であることがわかっている。

9. 上記の文章の（オ）に入る適切な用語を、解答欄 (A) に記せ。

植物の芽生えを明るい窓際に置くと、茎は光の来る方向に、根は光から遠ざかる方向に曲がる。このとき、光の強さに応じて、曲がる程度も変化する。このように、刺激の来る方向またはその反対の方向に、光の強さに応じて、植物が曲がる性質を（カ）という。

10. 上記の文章の（カ）に入る適切な用語を、解答欄 (B) に記せ。

乾燥に強いある種の植物は、比較的湿度が高い夜間に気孔を開き、二酸化炭素を取り込み、(キ)として液胞などに蓄える。光が強い日中は気孔を閉じる。夜間に蓄えた(キ)を分解して二酸化炭素を発生させ、カルビン・ベンソン回路で有機物を合成する。このような仕組みをもつ植物を(ク)という。

11. 上記の文章の(キ)と(ク)に入る適切な用語を、解答欄 (C) と (D) にそれぞれ記せ。

キャベツ畑で飛び回っているモンシロチョウの雄は、翅(はね)の色を手がかりに雌を探している。太陽光のもとでヒトの眼には、雌雄の翅はどちらも白色に見えるものの、雄の翅は(ケ)を吸収し、雌の翅は反射している。したがって、(ケ)を感知する感覚器を用いれば、雌を容易に識別することができる。

12. 上記の文章の(ケ)に入る適切な用語を、解答欄 (E) に記せ。

解答上の注意

1. 問題番号と解答欄番号は必ずしも一致しないので注意して下さい。
2. 問題の文中の $\boxed{(1)}$, $\boxed{(2)}$ などには, 文字 (a ~ d) または数字 (0 ~ 9) のいずれか一つが入ります. それらを解答カードの解答欄にマークして答えて下さい.
3. 問題の文中の $\boxed{A}$, $\boxed{B}$ などには, 記述式の解答が入ります. それらを解答カードの解答欄の枠からはみ出さないように, 明瞭に記入して下さい.
4. 分数形で解答する場合は, それ以上約分できない形で答えて下さい. 例えば, $\frac{2}{3}$ と答えるところを $\frac{4}{6}$ のように答えてはいけません.
5. 根号を含む形で解答する場合は, 根号の中に現れる正の整数が最小となる形で答えて下さい. 例えば, $6\sqrt{2}$, $\frac{\sqrt{17}}{3}$ と答えるところを, $3\sqrt{8}$, $\frac{\sqrt{68}}{6}$ のように答えてはいけません.

		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)	(15)	(16)	(17)	(18)	(19)	(20)		
数 学	1つに マーク	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	A	
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	B	
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	C	
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	D	
物 理		☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐	E	