

令和5年度個別学力試験問題

理 科

(医 学 科)

解答時間 120分

配 点 各100点

科 目	ページ
物 理	1 ページ～ 11 ページ
化 学	12 ページ～ 19 ページ
生 物	20 ページ～ 33 ページ

問題冊子には上記の3科目の問題が載っていますが、2科目を選択して解答しなさい。

注意事項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子及び解答冊子の中を見てはいけません。
2. 監督者の指示に従い、すべての解答冊子の所定の欄に受験番号をはっきり記入しなさい。ただし、表紙には氏名も必ず記入しなさい。
3. 監督者の指示に従い、選択する科目の解答冊子の選択科目確認欄に○印を記入しなさい。正しく○印が記入されていない解答は無効とすることがあります。
4. 試験開始の合図のあとで問題冊子のページを上記の表に基づいて確認しなさい。
5. 解答はすべて選択した科目の解答冊子の指定された解答欄に記入しなさい。
6. 解答冊子のどのページも切り離してはいけません。
7. 試験時間中に問題冊子及び解答冊子の印刷不鮮明、ページの落丁及び汚損等に気がついた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
8. 解答冊子はすべて持ち帰ってはいけません。
9. 問題冊子及び計算用紙は持ち帰ってください。

【問題の訂正】

図の訂正

15 ページ 1 問 6 の図 1-1・・・丸囲み部分の文字の訂正

【誤】

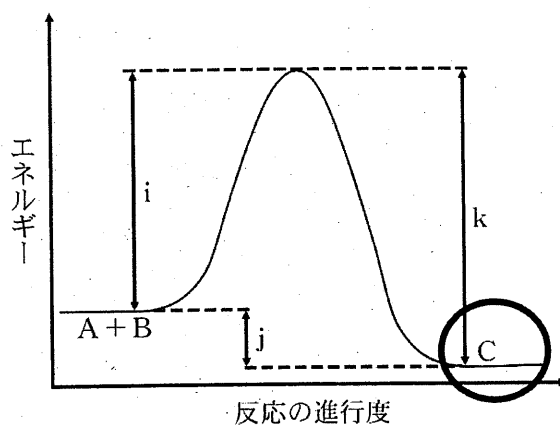


図 1-1

【正】

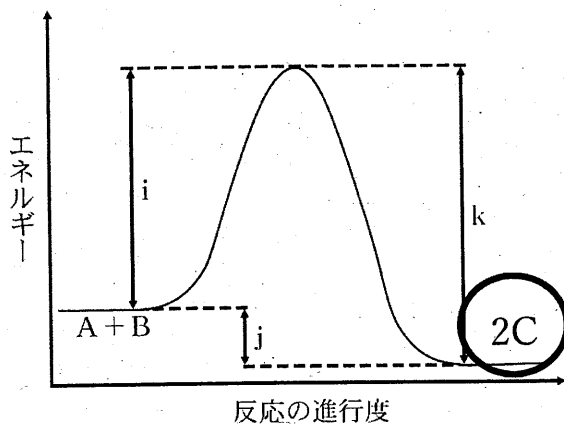


図 1-1

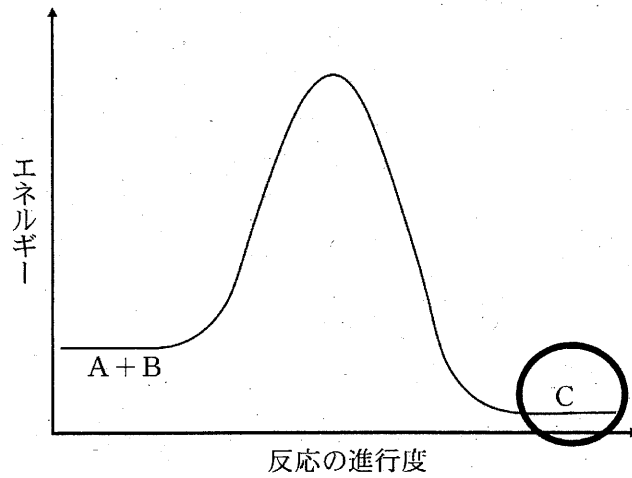
【解答用紙の訂正】

図の訂正

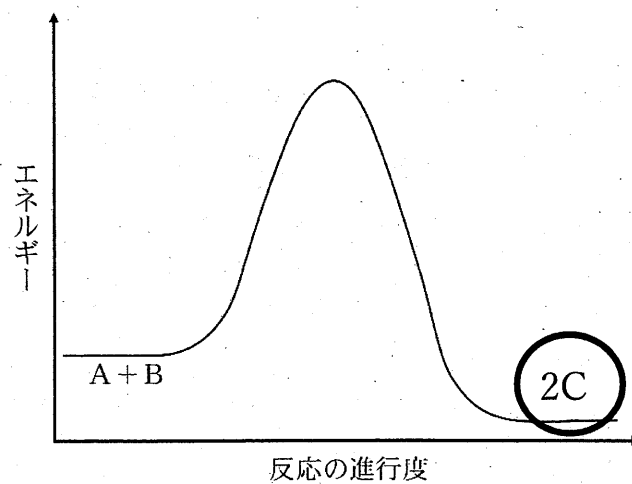
解答用紙1ページ 1問6(2)の図・・・丸囲み部分の文字の

訂正

【誤】



【正】



文字の訂正

20ページ・・・下線部分の文字の訂正

【誤】

1. 生物は全部で4問題あり，合計13ページあります。

【正】

1. 生物は全部で4問題あり，合計14ページあります。

次の訂正については、採点中に判明したため、受験者全員を正答扱いとしました。

問題文の訂正

26 ページ 2問 4 (2)・・・下線部分の文字の削除

【誤】

・・・このホルモンを集合管上皮細胞のある細胞小器官が受け取ることによって起こる反応について、この細胞小器官の名称とアクアポリンという用語を用いて説明しなさい。

【正】

・・・このホルモンを集合管上皮細胞が受け取ることによって起こる反応について、アクアポリンという用語を用いて説明しなさい。

物 理

1. 物理は全部で4問題あり，合計11ページあります。
2. すべての問題に解答しなさい。
3. 解答冊子は表紙を除いて1ページあります。
4. 問題中の物理量は特にことわらない限り国際単位系(SI)を使って表されています。

- 1 図1のように、質量 M のエレベーターの天井から、質量 m の小球が糸でつるさされていて、エレベーターの床からの高さは h である。エレベーター全体は一定の大きさ F の力で鉛直上向きに加速されていて、その加速度の大きさを a とする。糸の張力の大きさを S 、重力加速度の大きさを g として、あとの問いに答えなさい。ただし、糸は軽くて伸び縮みしないものとし、また、空気抵抗は無視できるものとする。

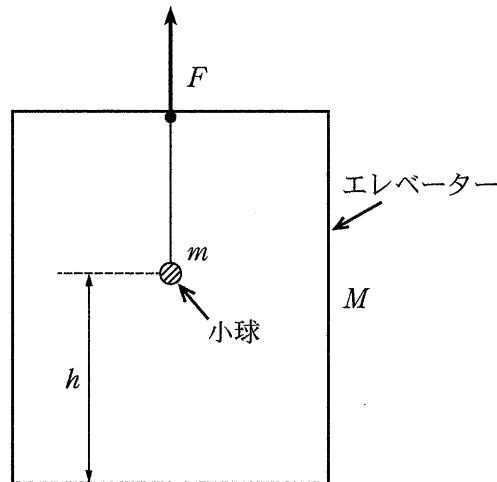


図 1

- 問 1 エレベーターの運動方程式を m を用いないで示しなさい。
- 問 2 小球の運動方程式を M を用いないで示しなさい。
- 問 3 エレベーターの加速度の大きさ a を、 F 、 M 、 m 、 g 、 h のうち、必要なものを用いて求めなさい。
- 糸が突然切れた。その直後のエレベーターの加速度の大きさを a' とする。
- 問 4 エレベーターの加速度の大きさ a' を、 F 、 M 、 m 、 g 、 h のうち、必要なものを用いて求めなさい。
- 問 5 糸が切れてから小球がエレベーターの床に衝突するまでの時間 t を、 F 、 M 、 m 、 g 、 h のうち、必要なものを用いて求めなさい。

次のページにも問題があります。

2 図2-1のように、なめらかに動くピストンでA室およびB室の2つに分けられた容器があり、B室はコックの付いた容積が無視できる細い管でC室につながっている。すべての容器、コック、管およびピストンは断熱材で作られている。各室には同種の単原子分子からなる理想気体が入っている。最初にA室、B室およびC室に入っていた気体の物質量は、それぞれ n_A 、 n_B および n_C である。ただし、気体の物質量の単位はmolを用いるものとする。気体定数を R として、あとの問いに答えなさい。

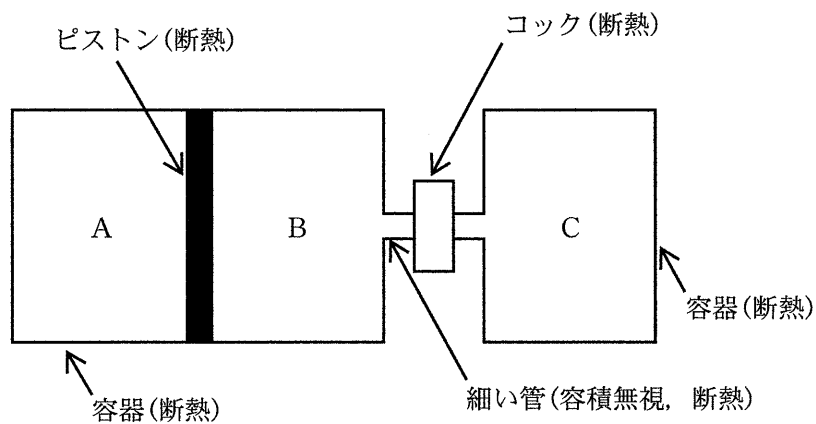


図2-1

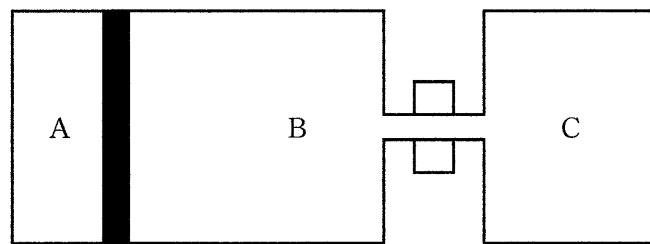


図2-2

問 1 図 2—1 に示すように、最初コックは閉じてあり、A 室、B 室および C 室の気体の体積はいずれも V 、A 室および B 室の気体の温度は T 、C 室の気体の温度は $2T$ 、また、A 室の気体の圧力は p であった。

- (1) p を n_A 、 R 、 T および V を用いて表しなさい。
- (2) n_B を n_A を用いて表しなさい。
- (3) B 室および C 室の気体の内部エネルギーの和 U_0 を n_B 、 n_C 、 R および T を用いて表しなさい。

問 2 次に、図 2—1 の状態からコックを静かに開けると B 室および C 室間で気体が混ざりあい、ピストンがゆっくり動いた。そののちじゅうぶんな時間が経過し、図 2—2 のような平衡状態となった。このとき、A 室の気体の圧力は $4p$ 、体積は $\frac{V}{2}$ になった。

- (4) A 室の気体の温度を T を用いて表しなさい。
- (5) B 室および C 室の気体の内部エネルギーの和 U_1 を n_A 、 R および T を用いて表しなさい。
- (6) この変化の前後で、不変であるものを以下の①～③から選び、記号で答えなさい。
 - ① A 室の気体の内部エネルギー
 - ② B 室および C 室の気体の内部エネルギーの和
 - ③ A 室、B 室および C 室の気体の内部エネルギーの和
- (7) n_C を n_A を用いて表しなさい。

3 図3—1のように、周波数を変えることができる交流電源、自己インダクタンスが0.40 Hのコイル、電気容量が10 μ Fのコンデンサー、抵抗値が100 Ω の抵抗からなる回路がある。交流電源の電圧の実効値を1.0 Vとして、あとの問いに答えなさい。

問1 電源の周波数がある値のとき、回路に流れる電流の実効値 I_e が7.0 mAであった。

- (1) 抵抗にかかる電圧の実効値を求めなさい。
- (2) 抵抗で消費される電力の1周期の平均値を求めなさい。
- (3) コイルで消費される電力の1周期の平均値を求めなさい。
- (4) コンデンサーで消費される電力の1周期の平均値を求めなさい。

問2 コイルにかかる電圧 V_L (点bに対する点aの電位)、コンデンサーにかかる電圧 V_C (点cに対する点bの電位)、抵抗にかかる電圧 V_R (点dに対する点cの電位)の波形を観測したところ、図3—2のようになった。

- (5) 抵抗にかかる電圧 V_R の波形を図3—2の①～③から選び、記号で答えなさい。
- (6) コイルにかかる電圧 V_L の波形を図3—2の①～③から選び、記号で答えなさい。

問3 電源の周波数を変化させて回路に流れる電流の実効値 I_e を測定したところ、図3—3のように周波数 f_0 で最大となった。

- (7) 周波数 f_0 における I_e の値を求めなさい。
- (8) 抵抗の値を100 Ω から50 Ω に変えて同様に I_e を測定した。このときの I_e の最大値を求めなさい。

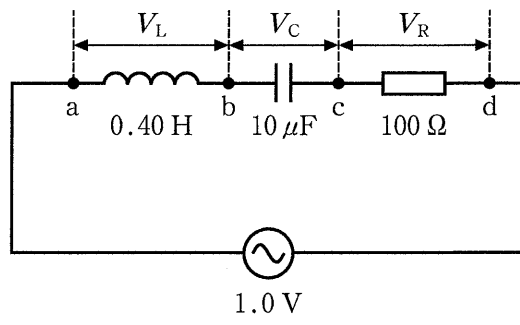


图 3-1

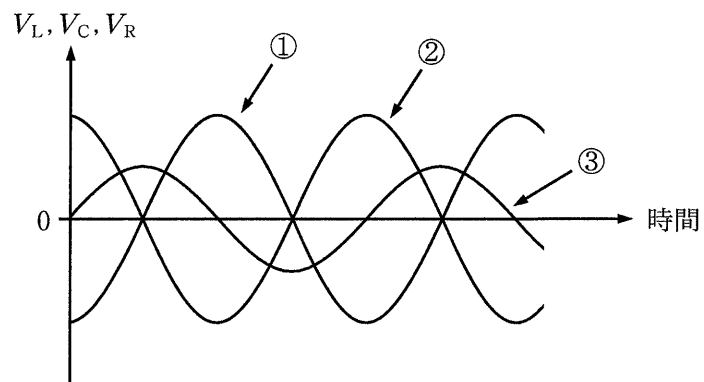


图 3-2

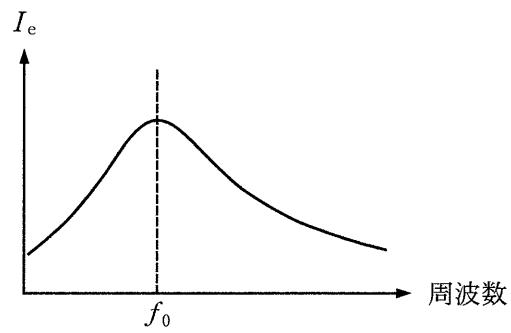


图 3-3

- 4 以下の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。ただし、光速は $c = 3.0 \times 10^8$ m/s とする。また、1 GHz は 10^9 Hz である。

電磁波を用いた通信は現代社会に欠かせないものになっている。これらの通信では、情報の送受信に使用する基本の波を搬送波と呼び、搬送波の振幅や周波数などを時間変化させること(変調)により様々な信号を伝えている。例えば、振幅変調(AM)方式の通信では、時刻 t とともに変化する信号 $I(t)$ によって搬送波の振幅を変化させる(図4-1)。即ち、搬送波周波数を f_c とするとき、変調信号は $s(t) = I(t) \cos(2\pi f_c t)$ と表され、これに比例して振動する電磁波が送信される。今、周波数 f で振動する信号 $I(t) = \cos(2\pi f t)$ を送りたいとする。ただし、 f は f_c よりもずっと小さい。このとき、変調信号の式は

$$s(t) = \cos(2\pi f t) \cos(2\pi f_c t) = \frac{1}{2} \cos(\boxed{(1)}) + \frac{1}{2} \cos(\boxed{(2)})$$

と変形できる。即ち、送信波は $\cos(\boxed{(1)})$ の項に対応する周波数の高い波(上側波)と、 $\cos(\boxed{(2)})$ の項に対応する周波数の低い波(下側波)の二つを重ね合わせたものとなる(図4-2)。

音声を送受信するものにラジオ放送がある。音声信号は様々な周波数の成分からなる合成振動である。各振動成分に対応して上側波、及び下側波は一定の周波数範囲に広がって分布する。これらの分布の占める周波数領域をそれぞれ上側波帯、下側波帯と呼ぶ。例えば、ある時間における音の強さの周波数分布が図4-3のようなものだったとする。これを放送するAMラジオ波の信号強度の周波数分布は図4-4のようなものになる。ここで、上側波帯上端から下側波帯下端までの領域は一つの通信が占有する必要がある周波数領域であり、その幅を占有帯域幅と呼ぶ。AMラジオ放送の占有帯域幅は日本では15 kHzと定められているが、この場合、最高 $\boxed{(3)}$ Hz までの音声信号を送信することができる。人が聞くことのできる音の周波数はおよそ20 Hzから20 kHzとされており、これと比較するとAMラジオでは音の情報の欠落が起こっていることが分かる。とはいえ、日常会話の範囲では、これらの音の消失はあまり重要ではない。

送信波、即ち変調信号 $s(t)$ を受信したとき、そこから元の信号 $I(t)$ を取り出すにはどうすればよいだろうか。ここでは同期検波と呼ばれる方法について考える。

変調信号 $s(t) = I(t) \cos(2\pi f_c t)$ に搬送波と同じ信号 $\cos(2\pi f_c t)$ を掛け合わせると、

$$r(t) = s(t) \cos(2\pi f_c t) = \frac{1}{2} I(t) + \frac{1}{2} I(t) \cos(\boxed{(4)})$$

という信号が得られる。右辺の第2項は第1項と比べて高周波の信号であるため、電気信号の高周波成分を遮断する回路に通すことで、 $I(t)$ を復元することができる。

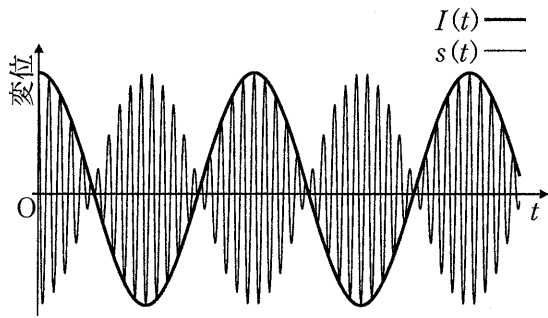


図 4—1

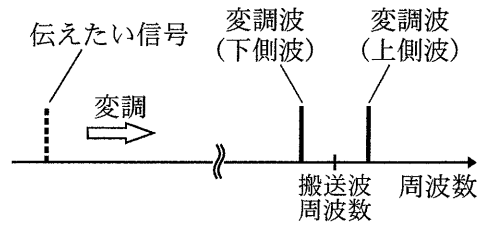


図 4—2

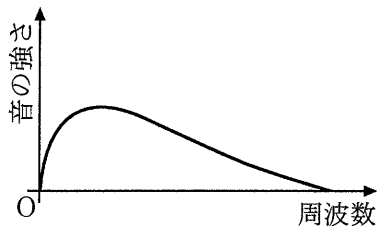


図 4—3

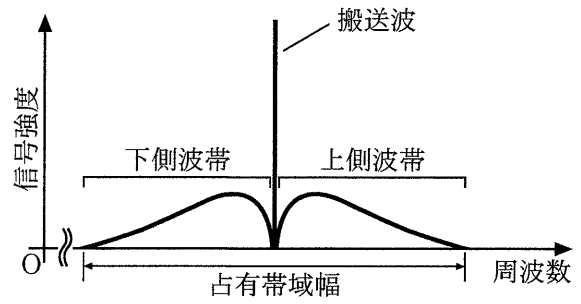


図 4—4

AMを発展させたものに直角位相振幅変調(QAM)がある。QAMでは周波数 f_c は同じで位相が 90° 異なる二つの搬送波を二種類の信号 $I(t)$ 、 $Q(t)$ でそれぞれ変調して送信する。即ち、 $s(t) = I(t) \cos(2\pi f_c t) + Q(t) \sin(2\pi f_c t)$ である。受信側で $s(t)$ に搬送波と同じ信号 $\cos(2\pi f_c t)$ を掛け合わせると、

$$r_i(t) = s(t) \cos(2\pi f_c t) = \frac{1}{2} I(t) + \frac{1}{2} I(t) \cos(\boxed{(5)}) + \frac{1}{2} Q(t) \sin(\boxed{(5)}) \quad \text{①}$$

という信号が得られる。同様に、 $s(t)$ に信号 $\sin(2\pi f_c t)$ を掛け合わせた結果を、式①と同じ形式で書き下すと、

$$r_q(t) = s(t) \sin(2\pi f_c t) = \boxed{(6)}$$

という信号が得られる。これら二つの信号 $r_i(t)$ 、 $r_q(t)$ からそれぞれ高周波成分を取り除くと、もとの信号 $I(t)$ 、 $Q(t)$ を復元することができる。

QAMは携帯電話などの第4世代移動通信システム(4G)にも応用されている。現在、さらなる高速大容量の通信システムとして第5世代移動通信システム(5G)の普及が図られている。5Gではこれまであまり使われていなかったミリ波帯の電波の利用も進められている。ミリ波とは波長が1mmから10mm程度の電磁波のことである。波長1mmの電磁波の場合、その周波数は $\boxed{(7)}$ GHzになる。ミリ波は $\boxed{(a)}$ 。ミリ波は、携帯電話でこれまで使われていた1GHz帯の電磁波と比べて、占有帯域幅を大きくとることが出来るため、高速大容量通信に適しているとされている。

電磁波をはじめとする波の回折について考えてみよう。図4-5は波を遮る板に開いた円形の穴を垂直上向きに通過しようとする波長 λ の平面波の模式図である。穴の中央の点Oから左上、垂直上向きとなす角 θ の方向に距離 L だけ進んだ点をP、穴の右端の点をA、左端の点をBとする。OA間の距離は d である。簡単のため、Oから発する素元波は時刻 t においてPに、任意の L 、 θ に対して $A_0 \sin\left\{2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda}\right)\right\}$ で表される変位を作るものとする。ただし、 A_0 は波の振幅、 T は波の周期とする。AとBからもOと同じ位相、同じ振幅の素元波が発せられる。 d が L に比べてじゅうぶん小さいとき、AとBから発する素元波の合成波は、時刻 t においてPに

$$2A_0 \sin\left\{2\pi\left(\frac{t}{T} - \frac{L}{\lambda}\right)\right\} \cos(\boxed{(8)})$$

の変位を作る。ただし、 $|x|$ が1と比べてじゅうぶん小さく、 $|a|$ も1以下であるとき、 $\sqrt{1+2ax+x^2} \doteq 1+ax$ と近似できることを使った。この式からも予想されるように、一般に波の回折では、 $\boxed{(9)}$ が穴の大きさと比べてじゅうぶんに $\boxed{(10)}$ とき、穴を通過した平面波は球面波となって波を遮る物体の背後にまで広がっていくことが知られている。

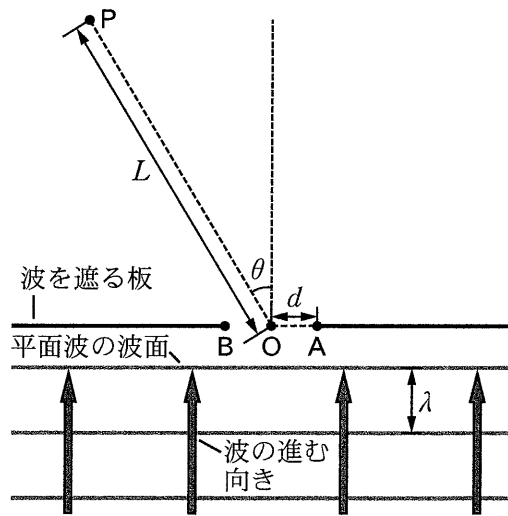


図 4-5

問 1 空欄 (1) ~ (10) に当てはまる適切な式, 数値, もしくは語句を答えなさい。

問 2 空欄 (a) に当てはまる最も適切な文を, 以下の(ア)~(エ)から選び, 記号で答えなさい。

- (ア) 回折性が高く, 低い山は越えて伝わる
- (イ) 直進性はあるが, 山や建物の裏側でもある程度は回り込む回折性もみられる
- (ウ) 可視光線に近い性質をもち, 直進性が強く, また, 水滴(雨粒や雲)などに吸収されるので天候の影響を受けやすい
- (エ) 可視光線に比べ, 光子のエネルギーが高く, 生物の細胞にダメージを与える

化 学

1. 化学は全部で3問題あり，合計8ページあります。
2. すべての問題に解答しなさい。
3. 解答冊子は1問題に1ページずつ，表紙を除いて合計3ページあります。

1 反応速度に関する次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

密閉容器に気体の化合物 A と化合物 B を入れ一定温度に保ったところ、化合物 A と化合物 B は反応し、下記の化学反応式(1)のように化合物 C を生じた。



化学反応式(1)の反応が進むと、化合物 A と化合物 B の濃度は減少し、化合物 C の濃度は増加した。化学反応の速さは、単位時間に減少する反応物や、増加する生成物の量によって知ることができる。ここで、単位時間あたりの化合物 A の変化量から求められる平均の反応速度 v_1 は、時刻 t_1 と t_2 ($t_1 < t_2$) における濃度をそれぞれ $[A]_1$ および $[A]_2$ ($[A]_1 > [A]_2$) とすると、次式で表すことができる。

$$v_1 = -\frac{(\text{ア})}{t_2 - t_1}$$

一方、単位時間あたりの化合物 C の変化量から求められる平均の反応速度 v_2 は、時刻 t_1 および t_2 ($t_1 < t_2$) における濃度をそれぞれ $[C]_1$ と $[C]_2$ ($[C]_1 < [C]_2$) とすると、次式で表すことができる。

$$v_2 = \frac{(\text{イ})}{t_2 - t_1}$$

同じ化学反応でも着目する物質によって反応速度は異なり、各物質の反応速度の比は、化学反応式の(ウ)の比に等しくなる。

したがって、化合物 A と化合物 C のそれぞれの反応速度は $v_1 = (\text{エ})v_2$ の関係式が成り立つ。

一方で反応物の濃度と反応速度の関係を表す式を、反応速度式という。化学反応式(1)の反応について、反応速度式は $v = k[A]^x[B]^y$ の形で表される。このとき、定数 k を反応速度定数といい、反応の種類によって異なる。ただし、反応速度式は化学反応式からは導くことはできず、⁽¹⁾実験によって求められるものである。 反応速度定数 k は温度が一定ならば(オ)によらず一定の値をとる。しかし、温度を(カ)したり、(キ)を加えたりすると、 k の値は大きくなる。

問 1 化学反応式(1)の化合物 A と化合物 C に関して, 平均の反応速度 v_1 と v_2 を示す式の (ア) と (イ) に当てはまる文字式をそれぞれ答えなさい。

問 2 (ウ) ~ (キ) に当てはまるものを下記から選び, それぞれ記号で答えなさい。

- ① 4 ② 触媒 ③ 低く ④ 係数
 ⑤ 反応熱 ⑥ 濃度 ⑦ $\frac{1}{2}$ ⑧ 生成熱
 ⑨ 高く ⑩ 活性化エネルギー ⑪ 一定に ⑫ 2

問 3 下線部(I)について, 化合物 A と化合物 B の初濃度を変えて化合物 C の生成速度を測定したところ, 表 1-1 のようになった。

表 1-1

	[A] [mol/L]	[B] [mol/L]	化合物 C の生成速度 v [mol/(L·s)]
(1)	3.60×10^{-1}	2.00×10^{-1}	1.62×10^{-3}
(2)	1.20×10^{-1}	2.00×10^{-1}	1.80×10^{-4}
(3)	1.20×10^{-1}	6.00×10^{-1}	5.40×10^{-4}

この反応の反応速度式 $v = k[A]^x[B]^y$ における x と y の組み合わせとして適当なものを (a)~(h)の中から選び記号で答えなさい。

- (a) $x = 2, y = 1$ (b) $x = 1, y = 1$ (c) $x = 1, y = 2$ (d) $x = 2, y = 2$
 (e) $x = 3, y = 1$ (f) $x = 1, y = 3$ (g) $x = 2, y = 3$ (h) $x = 3, y = 2$

問 4 この反応の反応速度定数 k を有効数字 3 桁で単位とともに答えなさい。

問 5 化合物 A と化合物 B の初濃度がそれぞれ 2.00×10^{-1} mol/L と 3.00×10^{-1} mol/L のとき, 化合物 C の生成速度を有効数字 3 桁で単位とともに答えなさい。

問 6 化学反応式(1)の反応では、横軸に反応の進行度を取り、縦軸にエネルギーの大きさを図示すると、図1—1のような関係になる。次の問いに答えなさい。

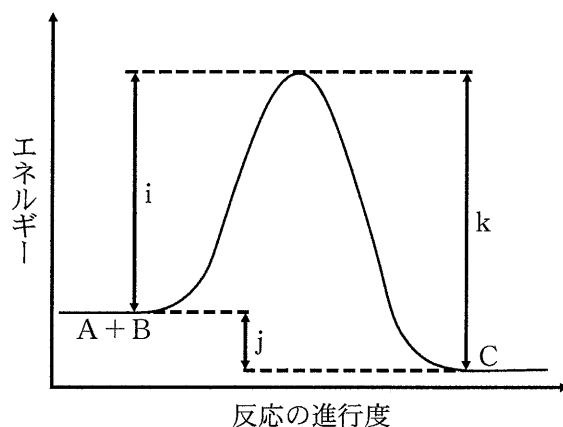


図1—1

(1) 活性化エネルギーと反応熱は、それぞれ図1—1の記号i～kのどれに相当するか、答えなさい。また反応熱の値は正か負かを答えなさい。

(2) (キ)を反応に加えたときのエネルギー変化の線を解答欄のグラフに描きなさい。

(3) 化学反応式(1)の反応に(キ)を加えたとき、次の(1)～(o)の中で変化するものをすべて選び、記号で答えなさい。

- (1) 反応速度 (m) 活性化エネルギー (n) 反応熱 (o) 化学反応の経路

- 2 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, $Na = 23.0$ とする。

ある食酢中に含まれる酢酸の濃度を求めるため、次の実験①と②を行った。なお、この食酢には酢酸のほか水のみが含まれるものとする。

実験①

操作1：電子てんびんでシュウ酸二水和物 $(COOH)_2 \cdot 2H_2O$ をはかり取り、ビーカーに入れて水に完全に溶かした。この水溶液をすべてメスフラスコに移し、水を加えて 100 mL の 0.0500 mol/L シュウ酸水溶液にした。

操作2：電子てんびんで粒状の水酸化ナトリウムを 2.00 g はかり取り、ビーカーに入れて水に完全に溶かした。この水溶液をすべてメスフラスコに移し、水を加えて 500 mL の水酸化ナトリウム水溶液にした。

操作3：ホールピペットを使用して、操作1で調製したシュウ酸水溶液を正確に 10.0 mL とり、コニカルビーカーに入れた。これに指示薬としてフェノールフタレイン溶液を 1～2 滴加えた。

操作4：操作2で調製した水酸化ナトリウム水溶液をビュレットに入れて、操作3で用意したコニカルビーカーに滴下した。振り混ぜても薄い赤色が消えない点を中和点とした。中和点における滴定量は 10.50 mL であった。

実験①で使用したビーカー、メスフラスコ、ホールピペット、コニカルビーカー、ビュレット^(a)を洗い、このうちの乾いていないといけないものを完全に乾かした後、実験②を行った。

実験②

操作5：ホールピペットで食酢を正確に 10.0 mL とり、メスフラスコに入れ水を加えて 100 mL の水溶液にした。

操作6：ホールピペットを使用して、操作5で調製した水溶液を正確に 10.0 mL とり、コニカルビーカーに入れた。これに指示薬としてフェノールフタレイン溶液を 1～2 滴加えた。

操作7：操作2で調製した水酸化ナトリウム水溶液をビュレットに入れて、操作6で用意したコニカルビーカー^(b)に水酸化ナトリウム水溶液を 3.5 mL ほど滴下した。さらに水酸化ナトリウム水溶液を滴下し、振り混ぜても薄い赤色が消えない点を中和点とした。中和点における滴定量は 6.90 mL であった。

問1 操作1ではかり取ったシュウ酸二水和物の質量を答えなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問2 操作2で調製した水酸化ナトリウム水溶液の正確なモル濃度を求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問 3 下線部(a)のうち、内壁が水に濡れたまま使用して良いものを全て答えなさい。ただし、器具に入れる液体で器具の内壁を洗う操作は行わないものとする。

問 4 下線部(b)について、この溶液に少量の強酸(H^+)および強塩基(OH^-)を加えたときに起こる変化を、それぞれ化学反応式で示しなさい。

問 5 操作 5 で調製した水溶液中の酢酸のモル濃度を求めなさい。なお、計算過程も示しなさい。

問 6 実験②で用いた食酢に含まれる酢酸の質量パーセント濃度を求めなさい。ただし、食酢の密度を 1.00 g/cm^3 (室温で 1.00 g/mL) とする。なお、計算過程も示しなさい。

3 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。ただし、原子量は $H = 1.0$, $C = 12.0$, $O = 16.0$, アボガドロ定数は $6.02 \times 10^{23} / \text{mol}$ とする。

高分子化合物は、分子量がおよそ(ア)をこえる巨大分子である。また、高分子化合物は、有機高分子化合物と無機高分子化合物に大別され、それぞれ天然高分子化合物と合成高分子化合物がある。

天然の有機高分子化合物には、生物体とも関連の深い糖類、タンパク質、核酸などがある。一方、合成された有機高分子化合物には、プラスチック、合成繊維、合成ゴムなどがある。ポリスチレンやPETなどのプラスチックは、錆びたり腐ったりせず、長期間の使用に耐えるという利点を持つ。しかし、この利点は天然の有機高分子化合物と異なり、廃棄されると自然界にいつまでも分解されずに残るという欠点になってしまう。そこで、廃棄物となった場合の処理を容易にするため、土中の微生物などによって比較的容易に分解されるポリ乳酸などの生分解性プラスチックが開発され、実用化がすすめられている。ポリ乳酸は、トウモロコシなどのデンプンの発酵によって得られる乳酸を重合させて合成できる。一般的な(イ)重合でもポリ乳酸は合成可能であるが、この重合法では低分子量のものしか得られないので、実際には、あらかじめ(ウ)を合成し、これを(エ)重合させて高分子量のポリ乳酸を得ている。

天然の無機高分子化合物には、二酸化ケイ素の共有結合の結晶として産出される(オ)などがある。二酸化ケイ素には、温度・圧力によりいくつかの結晶構造があるが、そのうちの1つは、ケイ素原子の周囲に4個の酸素原子が共有結合でつながり、 SiO_4 の四面体を基本単位とした立体網目構造である。二酸化ケイ素を約 2000°C に加熱して融解し、それを凝固させると結晶とは異なる固体が得られる。この固体のSi原子とO原子の配列には空間的な規則性がなく、このような状態を(カ)という。この方法を用いて、さまざまなガラスが製造されている。ガラスは合成された無機高分子化合物の例である。ダイヤモンドも共有結合の巨大分子であるが、高分子化合物には分類されない。ダイヤモンドは炭素の同素体の1つであり、各炭素原子が隣接する4個の炭素原子と共有結合で強く結びついた正四面体を基本単位とした、立体網目構造を形成している。

問1 空欄(ア)～(カ)に適切な語句または数字を書きなさい。

問2 下線部(a)を省略しない名称で答えなさい。また、その構造式を書きなさい。なお、構造式は簡略化してもよい。

問3 下線部(b)の平均重合度を200とすると、その平均分子量はいくらになるか計算しなさい。なお、計算過程も示しなさい。

- 問 4 下線部(c)には一対の鏡像異性体が存在する。それらを違いがよくわかる構造式で示しなさい。また、不斉炭素原子の右上に*印をつけなさい。なお、構造式は簡略化してもよい。
- 問 5 下線部(d)について、二酸化ケイ素は SiO_4 の四面体を基本単位としているにもかかわらず、その組成式は SiO_2 で表される。その理由を 50 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。
- 問 6 下線部(e)について、純粋なダイヤモンド 0.20 g を 1 個の分子とすると、その分子量はいくらになるか計算しなさい。なお、計算過程も示しなさい。
- 問 7 下線部(f)の理由を 30 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。
- 問 8 下線部(g)について、ダイヤモンド以外の結晶の例を一つ挙げ、その構造を 70 字以内(句読点を含む)で説明しなさい。

生 物

1. 生物は全部で4問題あり，合計13ページあります。
2. すべての問題に解答しなさい。
3. 解答冊子は **1** と **2** に1ページずつ， **3** と **4** に2ページずつ，表紙を除いて合計6ページあります。

1 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

バイオテクノロジーは、生物のもつ機能を利用する技術のことで、遺伝子組換え技術の開発を機に急速に発展した。特定の遺伝子を研究・利用するためには、生物のゲノムから目的の DNA 断片を単離・増幅させる必要がある。制限酵素は、DNA の特定の配列を認識して切断する酵素で、目的の DNA 断片を切り出す際に用いられる。制限酵素にはさまざまな種類があり、種類によって切断する配列が異なる。目的の DNA 断片は、(ア)に組み込まれて導入されることが多い。(ア)は、自己増殖能を持つ小型の DNA で、代表的なものには、大腸菌がもつ環状のプラスミドやウイルスの DNA などがある。目的の遺伝子を組み込んだプラスミドを大腸菌などで増やし、組み込んだ遺伝子を大腸菌内で発現させれば、その遺伝子がコードするタンパク質を大量に生産することができる。ヒトの糖尿病の治療に用いられる(イ)は、以前はウシなどの(イ)を利用していたため問題が生じる場合があったが、この技術を用いることで、安価に大量に製造することが可能になった。

PCR法(ポリメラーゼ連鎖反応法)は、わずかな DNA をもとに、同じ DNA を多量に増幅させる方法である。PCR法では、増幅したい領域を含む鋳型 DNA、プライマー、DNA ポリメラーゼ、4種類のヌクレオチドが入った反応液を調製し、温度の異なる3段階の反応をくり返すことで、目的の DNA を多量に増幅できる。PCR法によって目的の DNA 断片が増幅できたかどうかは、電気泳動法により判別できる。PCR法は、遺伝子組換えだけでなく、医療や農業などさまざまな分野に欠かせない方法となっている。

問1 文章中の(ア)と(イ)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部Aについて、次の問いに答えなさい。

- (1) 図1に示すような4.8 kbp^{*}の塩基対から構成された DNA 断片がある。この DNA 断片を、EcoRI, PstI, HindIII のいずれか1つの制限酵素で切断し、寒天ゲルを用いて電気泳動を行った。それぞれの制限酵素の認識配列を図2に、また、領域1および領域2の塩基配列を図3に記す。それぞれの制限酵素反応から得られる DNA 断片の長さ(kbp)を全て答えなさい。なお、領域1および領域2を除いた領域に、3つの制限酵素の認識配列はないものとする。

^{*}kbp は塩基対数のことであり、kbp = 1000 bp である。

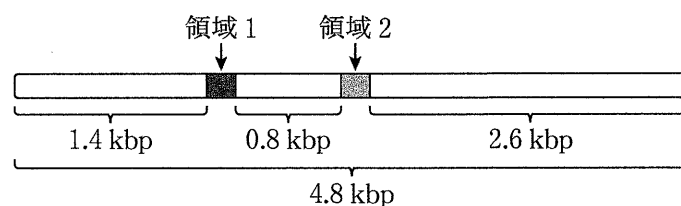


図1

制限酵素名	EcoRI	PstI	HindIII
認識する塩基配列	G↓AATTC CTTAA↑G	CTGCA↓G G↑ACGTC	A↓AGCTT TTCGA↑A

図 2

領域 1 5'-AAGAATTGCGGAATTTCGAGAAGCTTCGGGGCTAA-3'
 領域 2 5'-GCTGCAGCGTTCGAAGGAATTCCTTTAA-3'

図 3

(2) あるプラスミドを EcoRI, PstI, HindIII の 3 種類の制限酵素およびそれらの組合せで切断した後、寒天ゲルを用いて電気泳動を行った。得られた電気泳動像を模式化したものが図 4 である。

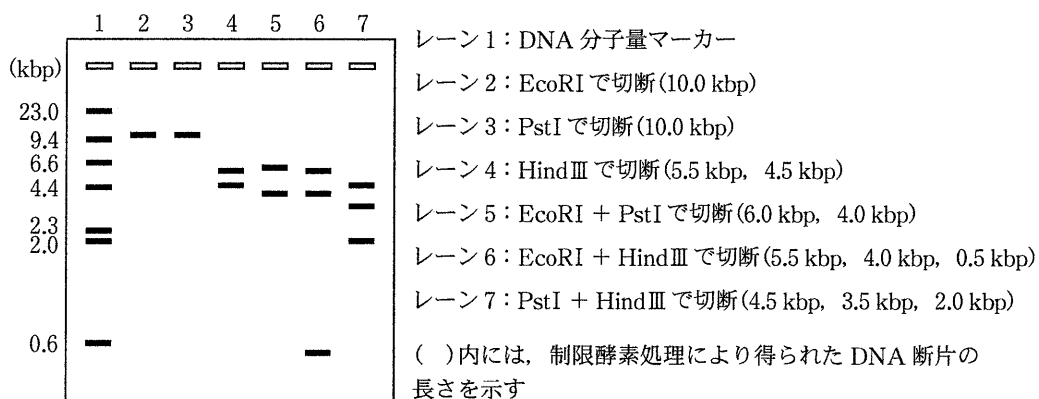
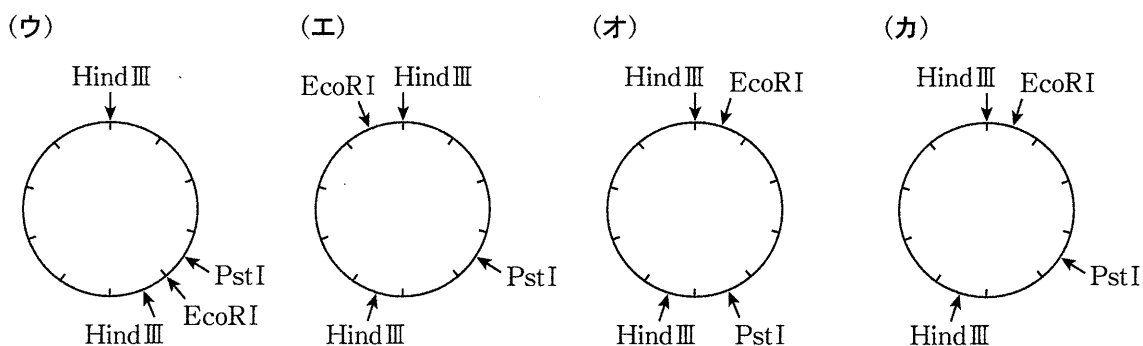


図 4

図 4 の電気泳動像をもとに, このプラスミドの制限酵素地図を作成した。最も適当なものを (ウ) ~ (カ) から 1 つ選び, 記号で答えなさい。なお, 制限酵素地図の一目盛は 1 kbp を表す。



問 3 下線部Bについて, どのような問題が生じる可能性があるのか答えなさい。

問 4 下線部Cについて, 図5に示すDNA配列をPCR法にて増幅したい場合, プライマーの組合せとして正しいものを(キ)~(コ)から1つ選び, 記号で答えなさい。

5'-CGATCGACAG·····TGTTGCATCG-3'

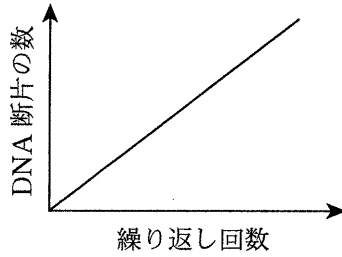
図5

- (キ) 5'-CTGTCGATCG-3', 5'-TGTTGCATCG-3'
- (ク) 5'-CTGTCGATCG-3', 5'-CGATCGACAGT-3'
- (ケ) 5'-CGATCGACAG-3', 5'-TGTTGCATCG-3'
- (コ) 5'-CGATCGACAG-3', 5'-CGATGCAACA-3'

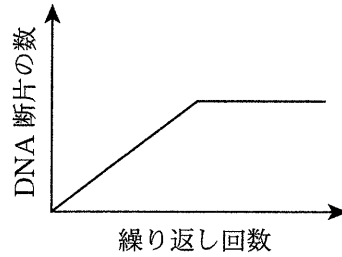
問 5 下線部Dについて, PCR法で用いられるDNAポリメラーゼは, 大腸菌やヒトなどのDNAポリメラーゼはもっていない特徴が求められる。どのような特徴か答えなさい。

問 6 下線部E について、PCR 法によって増幅する DNA 断片の数と繰り返し回数との関係として最も適切なものを(サ)～(セ)から1つ選び、記号で答えなさい。なお、図示する範囲においては、PCR 反応液中の酵素やヌクレオチド、プライマーの枯渇は生じないものとする。また、グラフの軸の目盛りは対数ではないものとする。

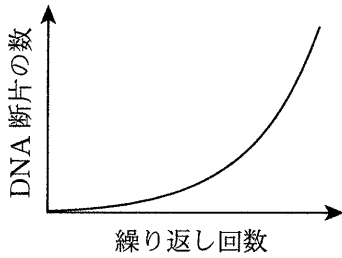
(サ)



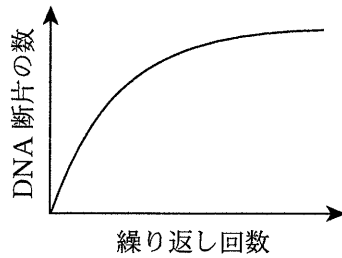
(シ)



(ス)



(セ)



問 7 下線部F について、寒天ゲル中で長さの異なる DNA 断片を分離できるしくみを、DNA の電荷と寒天ゲルの構造に着目して 80 字以内(句読点を含む)で答えなさい。

2 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

水中で生活する生物は、体表面が直接、海水や淡水などと接しているため塩類濃度の影響をより受けやすく、さまざまな方法で体液の塩類調節を行っている。淡水にすむゾウリムシでは、(ア)で(イ)を体外に排出することにより、細胞内の塩類濃度を一定に保っている。無脊椎動物のカニ類は、海水生、淡水生、海水と淡水両方で生活する種によって体液の塩類濃度の調節能力に違いがあり、海水生カニ類では体液の塩類濃度の調節機能が発達していない。^A硬骨魚類^Bでは、主にえらと腎臓によって体液の塩類濃度を調整している。

陸上生活する哺乳類は、腎臓などのはたらきにより、体液の塩類濃度はある一定の範囲に調節している。ヒトの腎臓は、腹部の背側に左右1つずつあって、内部には(ウ)とよばれる構造がそれぞれ100万個ほどある。(ウ)は(エ)と細尿管からなり、さらに(エ)は、多数の毛細血管が集まった糸球体をボーマンのうが包みこむような構造となっている。ヒトの腎臓は、体液の浸透圧調節^Cだけでなく、尿の生成と老廃物の濃縮の機能^Dも担っている。

問1 文章中の(ア)～(エ)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部Aについて、図1の点線は、河口付近に生息するチチュウカイミドリガニの塩類濃度と外界の塩類濃度の関係を示したものである。海水生のケアシガニ、および淡水と海水を行き来して生活するモクズガニの体液の塩類濃度と外界の塩類濃度の関係を示している実線を図中のa～fの中から1つずつ選びなさい。なお、グラフの塩類濃度は、海水の塩類濃度を1としたときの相対値で示している。

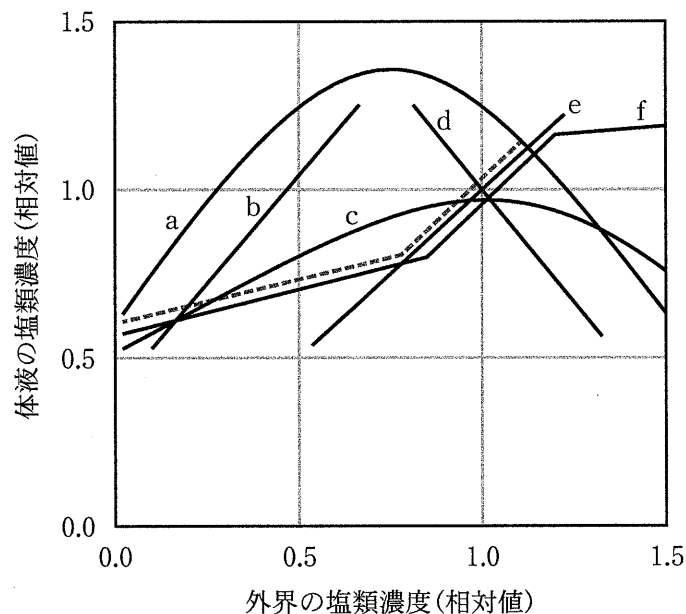


図1

問 3 下線部Bについて、淡水生硬骨魚類におけるえらと腎臓のはたらきを説明しなさい。

問 4 下線部Cについて、以下の問いに答えなさい。

(1) 発汗などによる体液の減少に伴い、副腎皮質から分泌されるホルモンの名称とそのホルモンのはたらきを説明しなさい。

(2) 体液の塩類濃度が上昇したとき、脳下垂体後葉から分泌されるホルモンにバソプレシンがある。このホルモンを集合管上皮細胞のある細胞小器官が受け取ることによって起こる反応について、この細胞小器官の名称とアクアポリンという用語を用いて説明しなさい。

問 5 下線部Dに関して、下の表は、健康なヒトの血しょう、原尿、尿の成分を比較したものである。このヒトは1時間に90 mLの尿を生成し、血しょうと原尿、尿の密度が1 g/mLであるとき、次の問いに答えなさい。なお、イヌリンは糸球体ですべてろ過されるが、まったく再吸収されない物質で、実験的にヒトの血中に投与したものである。

表1 血しょう、原尿、尿の成分(質量パーセント濃度(%))

	タンパク質	グルコース	ナトリウムイオン	尿素	イヌリン
血しょう	7	0.1	0.3	0.03	0.01
原尿	0	0.1	0.3	0.03	0.01
尿	0	0	0.35	2	1.2

(1) 1時間で生成される原尿の量(mL)を求めなさい。解答は、小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで記入しなさい。

(2) タンパク質とナトリウムイオンの濃縮率を求めなさい。解答は、小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで記入しなさい。

(3) グルコースと尿素の1時間における再吸収量(g)を求めなさい。解答は、小数第2位を四捨五入し、小数第1位まで記入しなさい。

(4) タンパク質とグルコースに関する以下の記述の中から正しいものをすべて選び、その番号を記入しなさい。

- ① タンパク質はボーマンのうにこし出され、細尿管で再吸収されない。
- ② タンパク質はボーマンのうにこし出され、細尿管で再吸収される。
- ③ タンパク質はボーマンのうにこし出されない。
- ④ グルコースはボーマンのうにこし出され、細尿管で再吸収されない。
- ⑤ グルコースはボーマンのうにこし出され、細尿管で再吸収される。
- ⑥ グルコースはボーマンのうにこし出されない。

次のページにも問題があります。

3 次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

さまざまな細胞小器官をもつ真核生物は、かつては、原核生物が細胞内の構造を発達させて進化してきたと考えられていた。しかし、現在では真核生物の細胞小器官のうち、(ア)は好気性細菌が、葉緑体は(イ)が、それぞれ細胞内に共生した結果できたという細胞内共生説(共生説)が有力となっている。このようにして葉緑体を獲得した生物には、紅藻類や緑藻類などが知られている。一方、褐藻類の葉緑体は4枚の生体膜で包まれており、紅藻類が従属栄養の真核生物の細胞内に共生してできたと考えられている。^A細胞内共生は現生の生物でも見られ、ミドリゾウリムシの細胞内には多数のクロレラが共生している。^B

陸上植物はコケ植物、シダ植物、種子植物に分けられる。コケ植物は孢子で繁殖し、(ウ)は配偶体に依存した状態で生活する。コケ植物の配偶体は、根、茎、葉の区別がなく、根に似た形態のものは単細胞または1列の細胞からなり、(エ)と呼ばれている。現生のコケ植物は、セン類、タイ類、(オ)類の3群に分類されている。シダ植物の配偶体は小形であるが独立した生活をし、(カ)と呼ばれる。現生のシダ植物は、(キ)類とシダ類の2つの異なる系統からなる。以前は独立した植物群とされていた(ク)類とマツバラン類は、シダ類と同じ系統であることがわかっている。種子により繁殖する植物群を種子植物といい、種子植物には裸子植物と被子植物^Cがある。^D

問1 文章中の(ア)～(ク)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部Aについて、次の問いに答えなさい。

- (1) 図1は、紅藻類、褐藻類の祖先生物および褐藻類の細胞を模式的に示したものである(紅藻類と褐藻類の細胞の細胞壁は省略している)。図1を参考にして、紅藻類が褐藻類の祖先生物の細胞内に共生している状態の模式図を書きなさい。

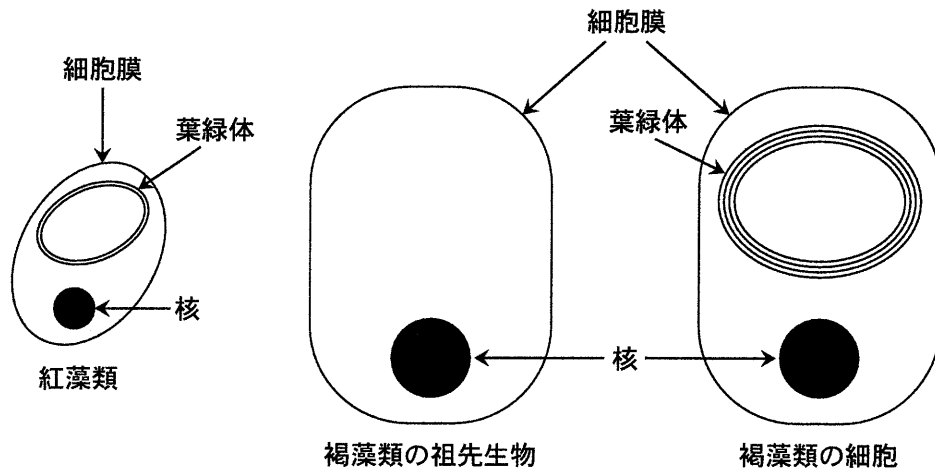


図 1

(2) 褐藻類の祖先生物の細胞内に共生していた共生体(紅藻類)が葉緑体になる過程で、共生体にどのような変化が起こったと考えられるか、説明しなさい。

(3) 褐藻類の葉緑体の膜のうち、最も外側の膜と外側から 2 番目の膜はそれぞれ何に由来するか、答えなさい。

問 3 下線部 B について、「ハテナ」と呼ばれる生物は特殊な細胞内共生を行っている。共生体をもつ「ハテナ」の細胞が分裂した際にどのような娘細胞が生じるか、答えなさい。

問 4 下線部 C と下線部 D の受精卵の染色体数をいずれも 8 とした場合、両者の胚乳の細胞の染色体数を答えなさい。

問 5 下線部 D の配偶体形成に関する次の問いに答えなさい。

(1) ヒトの一次精母細胞に相当する細胞の名称を答え、その細胞から成熟した雄性配偶体が形成されるまでの過程を説明しなさい。

(2) ヒトの一次卵母細胞に相当する細胞の名称を答え、その細胞から成熟した雌性配偶体が形成されるまでの過程を説明しなさい。

4 カエルの発生に関する次の文章を読んで、あとの問いに答えなさい。

卵形成の過程で、卵にはさまざまな mRNA やタンパク質が貯えられるが、これらのうち発生過程に影響を及ぼすものを母性因子^Aという。産卵された卵は、受精により発生が進行する。精子進入点の反対側に(ア)が現れる。背腹軸は、精子の進入位置によって決まり、精子進入点の反対側が背側となる。卵割が進み桑実胚を経て胞胚となる。胞胚には内部に空所があり、これを(イ)という。胞胚の植物極側にある予定内胚葉は、隣接する動物極側の胚域にはたらきかけて中胚葉を誘導する。これを中胚葉誘導^Bという。次に、(ア)のやや植物極側に原口が生じ、内部には原腸が形成されて原腸胚となる。この時期には外胚葉・中胚葉・内胚葉の3つの胚葉ができる。原口の上部にある(ウ)などの中胚葉域は、原腸形成とともに胚の内部へ移動して外胚葉の内側に位置するようになる。この中胚葉域から誘導物質が分泌され、神経組織が誘導される。これを神経誘導^Cという。さらに発生が進むと神経胚となる。神経胚の初期には背部の外胚葉がしだいに厚く平らになり、この領域を(エ)という。やがて、(エ)の中央部はくぼんで(オ)が生じ、両側の縁が隆起してつながり、神経管^Dを形成する。神経管と表皮の間には神経堤(冠)と呼ばれる部位があり、この部位から遊離した細胞群を神経堤細胞^Eという。神経堤細胞は、外胚葉由来の細胞であるが、胚内を広範囲に遊走し、さまざまな種類の細胞に分化することから、「第四の胚葉」と呼ばれることもある。

問1 文章中の(ア)～(オ)に適切な語句を入れなさい。

問2 下線部Aにはβカテニン(卵には mRNA として存在)とディシェベルドが含まれる。これらの物質は背側の決定に関与している。βカテニンの mRNA は卵全体に分布しているが、ディシェベルドは植物極の近くに存在する。受精後、βカテニンの濃度は背側で高く、腹側で低いという濃度勾配ができる。βカテニンの濃度勾配形成にディシェベルドがどのようにはたらくかを説明しなさい。

問3 下線部Bについて、次の問いに答えなさい。

- (1) 中胚葉誘導にノーダルと呼ばれるタンパク質が重要な役割を担っている。ノーダルの濃度は背側で高く、腹側で低いという濃度勾配ができ、ノーダルの濃度の高い側で背側の中胚葉が、濃度の低い側では腹側の中胚葉が形成される。ノーダルの発現にはβカテニンやVegTなどの物質が関与している。ノーダルの濃度勾配形成にβカテニンとVegTがどのようにはたらくかを説明しなさい。

(2) 誘導された中胚葉は，発生の進行とともに形が変化してくる。図1は尾芽胚になったときの胚のほぼ中央部の横断面の模式図である。図中に中胚葉を書きなさい。また，見出し線を使って中胚葉の各部の名称も書きなさい。

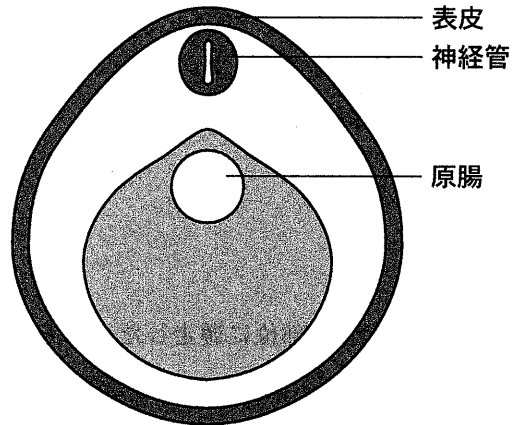


図1

問4 下線部Cにはノギン，コーディンとBMPと呼ばれるタンパク質が関与している。これらの物質が神経誘導にどのようにはたらくかを説明しなさい。

問5 下線部Dについて，次の問いに答えなさい。

(1) 神経管の形成に細胞接着に関わる分子であるカドヘリンが重要な役割を担っている。表皮と神経管で発現されるカドヘリンの種類は異なり，表皮でE型，神経管でN型が発現する。神経管の形成にカドヘリンがどのような役割を担うかを説明しなさい。

(2) 神経管の前部は脳に分化し，その一部が左右に膨らんで眼胞を経て眼杯となる。眼杯と接している表皮が眼杯に誘導されて生じる構造の名称と，その構造を構成する細胞で主に発現するタンパク質の名称を答えなさい。

問 6 下線部Eについて，次の問いに答えなさい。

(1) 神経堤細胞におけるカドヘリンの発現について，次の①～④の中から正しいものを1つ選び，番号で答えなさい。

- ① E型とN型の両方とも発現している。
- ② E型とN型の両方とも発現していない。
- ③ E型が発現している。
- ④ N型が発現している。

(2) 神経堤細胞が次の(カ)～(ケ)の部位に遊走した後，そこで分化する細胞の種類を下の①～④の中からそれぞれ1つ選び，番号で答えなさい。

- (カ) 頭部
- (キ) 副腎
- (ク) 血管
- (ケ) 皮膚

- ① 平滑筋細胞 ② 色素細胞 ③ アドレナリン産生細胞 ④ 骨細胞

(3) 神経堤細胞の他に胚内を遊走し，移動先で分化する細胞の名称を答えなさい。