

## 理 科

理科は **物理** **化学** **生物** のうち 2 科目を選択受験のこと。

**物理** …… 1 頁 **化学** ……15 頁 **生物** ……27 頁

問題 **I** はマークシート方式, **II** は記述式である。

**I** の解答はマークシートに, **II** の解答は解答用紙に記入すること。

## 〔注 意 事 項〕

1. 監督者の指示があるまでは, この問題冊子を開かないこと。
2. マークシートは, コンピュータで処理するので, 折り曲げたり汚したりしないこと。
3. マークシートに, 氏名・受験番号を記入し, 科目選択・受験番号をマークする。  
マークがない場合や誤って記入した場合の答案は無効となる。

受験番号のマーク例(13015の場合)

受 験 番 号				
1	3	0	1	5
万位	千位	百位	十位	一位
○	○	●	○	○
●	①	①	●	①
②	②	②	②	②
③	●	③	③	③
④	④	④	④	④
⑤	⑤	⑤	⑤	●
⑥	⑥	⑥	⑥	⑥
⑦	⑦	⑦	⑦	⑦
⑧	⑧	⑧	⑧	⑧
⑨	⑨	⑨	⑨	⑨

4. マークシートにマークするときは, HB または B の黒鉛筆を用いること。誤ってマークした場合には, 消しゴムで丁寧に消し, 消し<sup>ていない</sup>くずを完全に<sup>ていない</sup>取り除いたうえで, 新たにマークし直すこと。
5. 下記の例に従い, 正しくマークすること。

(例えば c と答えたいとき)

正しいマーク例

○	○	●	○	○	○
---	---	---	---	---	---

誤ったマーク例

○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○
○	○	○	○	○	○

○をする  
Vをする  
完全にマークしない  
枠からはみ出す

6. 各科目とも基本的に正解は一つであるが, 科目によっては二つ以上解答を求めている場合があるので設問をよく読み解答すること。
7. 解答は所定の位置に記入すること。

# 生 物

## I

第1問 眼に関する次の文を読み、以下の問い(問1～4)に答えよ。

(解答番号  ～  )

ヒトの眼の構造はカメラに似ており、レンズに相当するのが  , フィルムに相当するのが  である。外から来た光は、順に  ,  ,  ,  を通って  に達する。 には、光に対する感度が高い  と、光に対する感度が低い  がある。 に到達する光の量は、 により調節されている。

問1 上の文の空欄  ～  に最も適当な語を、次の①～⑫のうちからそれぞれ一つずつ選べ。 ～

- |       |        |        |         |
|-------|--------|--------|---------|
| ① 角膜  | ② 脈絡膜  | ③ 強膜   | ④ 網膜    |
| ⑤ 水晶体 | ⑥ ガラス体 | ⑦ 毛様体  | ⑧ チン小帯  |
| ⑨ こう彩 | ⑩ 瞳孔   | ⑪ 錐体細胞 | ⑫ かん体細胞 |

問2 ヒトと同様にカメラ眼をもつものはどれか。最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。

- |         |         |      |
|---------|---------|------|
| ① プラナリア | ② ミミズ   | ③ ハチ |
| ④ イカ    | ⑤ オウムガイ |      |

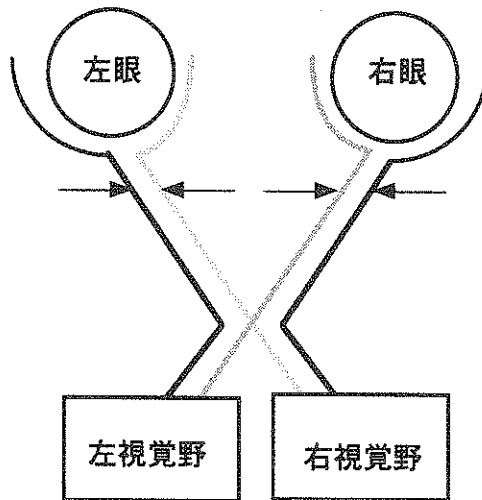
問3 ある物体を見たとき、その像は  上にはどのように写るか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- |                |
|----------------|
| ① 上下そのまま、左右逆   |
| ② 上下、左右ともに逆    |
| ③ 上下、左右ともにそのまま |
| ④ 上下逆、左右そのまま   |

問 4 下図は、ヒトにおいて視覚が成立するまでの経路の概略図で、眼球の水平断面、視神経、左右の視覚野を示している。ヒトの眼球からでた視神経のうち、両眼の内側(鼻側)から出た神経は交叉し、外側(耳側)から出た神経は交叉せずに視覚野に達する。

いま、眼の前に1から6までの数字が一つずつ書かれた6枚のカードが順に等間隔で並んでおり、両眼でこれらのカードを見ると、1と6はそれぞれ視野の左右の端に見え、右眼を閉じると1～5のカードが、左眼を閉じると2～6のカードが見えたとする。また、両眼の外側から出た交叉していない2本の神経が何らかの方法で遮断されると、異なる4枚のカードが見えたとする。

このように配置されたカードを見た場合について、以下の(1)～(4)の各問いに答えよ。



\* 矢印は視神経を示す

(1) 下線部の4枚のカードとして最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 

11
----

- ① 1 2 3 4
- ② 2 3 4 5
- ③ 1 2 5 6
- ④ 1 3 4 6
- ⑤ 3 4 5 6

(2) 眼に異常はないが、交叉している2本の神経に障害があつて機能しない場合、右視覚野が感知するカードはどれか。最も適当なものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。 

12
----

- ① 1 2
- ② 2 3
- ③ 3 4
- ④ 4 5
- ⑤ 5 6
- ⑥ 2 3 4
- ⑦ 3 4 5

(3) 眼に異常はないが、右視覚野につながる視神経に障害があつて機能しない場合、見えるカードはどれか。最も適当なものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。 

13
----

- ① 3 4
- ② 4 5
- ③ 2 3 4
- ④ 3 4 5
- ⑤ 1 2 3 4
- ⑥ 2 3 4 5
- ⑦ 3 4 5 6

(4) 右視覚野は正常だが左視覚野が全く機能しない場合にも、逆に、左視覚野は正常だが右視覚野が機能しない場合にも、共通して見えるカードはどれか。最も適当なものを、次の①～⑦のうちから一つ選べ。 14

① 3

② 4

③ 2 3

④ 3 4

⑤ 4 5

⑥ 2 3 4

⑦ 3 4 5

第2問 花の形成に関する以下の問い(問1～2)に答えよ。

[解答番号  ~  ]

問1 被子植物の花の構造は、外側から順に、どのように同心円状に配置されているか。最も適当なものを、次の①～④のうちから一つ選べ。

- ① がく, 花弁, 雌しべ, 雄しべ
- ② がく, 花弁, 雄しべ, 雌しべ
- ③ 花弁, がく, 雌しべ, 雄しべ
- ④ 花弁, がく, 雄しべ, 雌しべ

問2 シロイヌナズナの花の形成は、調節遺伝子A, B, Cという3つのホメオティック遺伝子の働きによって制御されており、その変化によって形態上の突然変異が引き起こされる。正常体の花の形成時には、A遺伝子は同心円の外側から1番目と2番目, B遺伝子は2番目と3番目, C遺伝子は3番目と最も内側の4番目の領域でそれぞれ発現する。いま、Aが機能しない場合にはCがすべての領域で発現し、Cが機能しない場合にはAがすべての領域で発現する場合、次の(1)～(5)の変異体では形成される花の器官はどのようになるか。最も適当なものを、下の選択肢①～⑩のうちからそれぞれ一つずつ選べ。なお、各選択肢は、形成される器官を外側から順に示している。

~

[変異体]

- (1) Aが機能しない変異体
- (2) Bが機能しない変異体
- (3) Cが機能しない変異体
- (4) A, Bが機能しない変異体
- (5) B, Cが機能しない変異体

〈選択肢〉

- ① がく， がく， がく， がく
- ② 花弁， 花弁， 花弁， 花弁
- ③ がく， 花弁， 花弁， がく
- ④ 花弁， 花弁， がく， がく
- ⑤ がく， がく， 花弁， 花弁
- ⑥ がく， 雌しべ， 雌しべ， がく
- ⑦ がく， がく， 雌しべ， 雌しべ
- ⑧ 雌しべ， 雄しべ， 雄しべ， 雌しべ
- ⑨ 雄しべ， 雌しべ， 雌しべ， 雄しべ
- ⑩ 雌しべ， 雌しべ， 雌しべ， 雌しべ

第3問 以下の表は、地球誕生以来の生物の変遷を簡単に示したもので、時代区分は一部省略されている。表を参考に、以下の各問い(問1～6)に答えよ。

(解答番号  ～  )

地質時代の区分	経過年代	生物の変遷
<div style="text-align: center;"> <input type="text" value="A"/>            ↓            //  <input type="text" value="B"/>            ↓  <input type="text" value="C"/>            ↓            //            ジュラ紀            ↓            //  <input type="text" value="D"/> </div>	<input type="text" value="E"/>	[地球の誕生]
	<input type="text" value="F"/>	原核生物の誕生
	<input type="text" value="G"/>	真核生物の誕生
	約4.1億年～3.5億年前	裸子植物の出現
	約3.5億年～2.9億年前	<input type="text" value="H"/>
	約2.1億年～1.4億年前	<input type="text" value="I"/>
	約2300万年～260万年前	<u>人類の出現</u>

問1 表のA～Dに当てはまる最も適当地質時代の区分名を、次の①～⑨のうちからそれぞれ一つずつ選べ。  ～

- |        |          |            |
|--------|----------|------------|
| ① 石炭紀  | ② カンブリア紀 | ③ 先カンブリア時代 |
| ④ デボン紀 | ⑤ 白亜紀    | ⑥ シルル紀     |
| ⑦ 新第三紀 | ⑧ 古第三紀   | ⑨ 第四紀      |



問 2 表のE～Gに当てはまる最も適当な年代を、次の①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。  ～

- ① 約 62 億年前                      ② 約 46 億年前                      ③ 約 38 億年前  
④ 約 30 億年前                      ⑤ 約 21 億年前                      ⑥ 約 13 億年前

問 3 表のH, Iに当てはまる最も適当なものを、次の①～⑥のうちからそれぞれ一つずつ選べ。 ,

- ① 木生シダ類の繁栄                      ② 両生類の出現                      ③ 恐竜の繁栄  
④ ほ乳類の出現                      ⑤ 被子植物の繁栄                      ⑥ シダ植物の出現

問 4 表の下線「人類の出現」した時期として最も適当な年代を、次の①～⑥のうちから一つ選べ。

- ① 約 1 億年前                      ② 約 7000 万年前                      ③ 約 1000 万年前  
④ 500～700 万年前                      ⑤ 150～200 万年前                      ⑥ 20～50 万年前

問 5 以下の空欄に最も適当な語を、それぞれの語群のうちから一つずつ選べ。

11 ~ 18

ア 生物の イ が行う ウ によって生じた酸素は、最初、海水中に エ として沈殿したが、約 A 前より大気中に蓄積を始めた。また、その後の オ の繁栄でさらに酸素濃度が上昇し、今から約 B 前にオゾン層が形成された。このオゾン層が、地球に降り注ぐ太陽光のなかで生物の遺伝子に有害な C 付近の波長を吸収してくれるため、生物の陸上への進出・発展が可能となった。

[空欄ア～オの語群]

- |            |        |            |
|------------|--------|------------|
| ① 原核       | ② 真核   | ③ ラン藻類     |
| ④ 藻類       | ⑤ シダ植物 | ⑥ 裸子植物     |
| ⑦ 被子植物     | ⑧ 化学合成 | ⑨ 光合成      |
| ⑩ 酸化マグネシウム | ⑪ 酸化鉄  | ⑫ ストロマトライト |

[空欄A, Bの語群]

- |       |        |        |        |
|-------|--------|--------|--------|
| ① 5億年 | ② 10億年 | ③ 20億年 | ④ 30億年 |
|-------|--------|--------|--------|

[空欄Cの語群]

- |          |          |          |          |
|----------|----------|----------|----------|
| ① 260 nm | ② 430 nm | ③ 580 nm | ④ 700 nm |
|----------|----------|----------|----------|

問 6 地球の誕生から産業革命に至るまでの大気中の二酸化炭素の変遷に関する記述で、最も適当なものを、次の①～⑤のうちから一つ選べ。 19

- ① 地球誕生の際には少なかったが、生物の繁栄にともない、呼吸によって大気中に蓄積されて増加した。
- ② 地球誕生の際には少なかったが、生物の繁栄にともない、呼吸によって大気中に蓄積され増加した。しかし、植物の光合成が盛んになるにつれ、逆に減少した。
- ③ 地球誕生の際には多かったが、石灰岩の形成にともない減少した。その後、生物の繁栄にともない、呼吸によって大気中に蓄積されて増加した。
- ④ 地球誕生の際には多かったが、海水に溶け込み、炭酸カルシウムとなって沈殿するなどして減少した。
- ⑤ 地球誕生の際よりほぼ同じ濃度で存在し、生物の繁栄があっても呼吸による増加と、光合成による減少がバランスを保つことで大きな変化は起きなかった。

II 集団内の遺伝子頻度に関する以下の問い(問1～4)に答えよ。解答は記述式解答用紙に記入せよ。

ハーディ・ワインベルグの法則を満たす集団では、遺伝子頻度は世代を超えて一定である。これをハーディ・ワインベルグの平衡という。しかし、この平衡が自然界で成り立っていることは少ない。ハーディ・ワインベルグの平衡を乱す要因の1つに自然選択や淘汰がある。

ここでは、ハーディ・ワインベルグの法則を満たしていた集団が、表現型ごとに異なる度合いで自然選択を受ける環境に置かれた場合について考える\*。

※ 以下では、さまざまな条件における遺伝子型頻度および遺伝子頻度を数式を交えて考察していくが、式3～8は解説にしたがって各自での導出が必要である。ただし、記述式解答用紙に解答が必要なのは式4の空欄 **イ** および式8の空欄 **カ** のみなので、それ以外の数式の変形や整理の仕方などは各自で考えやすいものを用いて構わない。また、ここでは伴性遺伝する遺伝子については考えないこととし、さらに異なる世代間での交配は生じないものとする。

まず、ある世代の対立遺伝子Aおよびaの遺伝子頻度をpおよびq(ただしAはaに対して優性、 $p + q = 1$ )とする。次に、遺伝子型AA, Aa, aaがこの環境で生き残って子孫を残す確率を、それぞれ $W_0, W_1, W_2$ とする(ただし、ここでは子孫を残す確率が上昇する場合は考えないことにして、 $0 \leq W_0 \leq 1, 0 \leq W_1 \leq 1, 0 \leq W_2 \leq 1$ とする)。すると、次世代での遺伝子型頻度は表の最下行のようにあらわされる。

遺伝子型	AA	Aa	aa	合計
自然選択前の頻度	$p^2$	$2pq$	$q^2$	1
子孫を残す確率	$W_0$	$W_1$	$W_2$	
自然選択後の頻度	$\frac{p^2 W_0}{p^2 W_0 + 2pqW_1 + q^2 W_2}$	$\frac{2pqW_1}{p^2 W_0 + 2pqW_1 + q^2 W_2}$	$\frac{q^2 W_2}{p^2 W_0 + 2pqW_1 + q^2 W_2}$	1

よって、自然選択後の a の遺伝子頻度を  $q'$  とすると、 $q'$  は  $p, q, W_0, W_1, W_2$  を用いて

$$[\text{式 1}] \quad q' = \frac{pqW_1 + q^2W_2}{p^2W_0 + 2pqW_1 + q^2W_2} = \frac{q(pW_1 + qW_2)}{p^2W_0 + 2pqW_1 + q^2W_2}$$

となる。 $q'$  と  $q$  の差は、1 回の自然選択による a の遺伝子頻度の変化をあらわしている。これを  $\Delta q'$  とし、 $p, q, W_0, W_1, W_2$  を用いてあらわし、さらに  $p = 1 - q$  を考慮して整理すると、

$$\begin{aligned} [\text{式 2}] \quad \Delta q' &= q' - q \\ &= \frac{q(pW_1 + qW_2)}{p^2W_0 + 2pqW_1 + q^2W_2} - \frac{q(p^2W_0 + 2pqW_1 + q^2W_2)}{p^2W_0 + 2pqW_1 + q^2W_2} \\ &= \frac{q(pW_1 + qW_2 - p^2W_0 - 2pqW_1 - q^2W_2)}{p^2W_0 + 2pqW_1 + q^2W_2} \\ &= \frac{pq\{q(W_2 - W_1) + p(W_1 - W_0)\}}{p^2W_0 + 2pqW_1 + q^2W_2} \end{aligned}$$

となる。

式 2 に関して、まず  $W_0 = W_1 = W_2 = 1$  の場合を考えると  $\Delta q' = 0$  になる。これは、自然選択や淘汰がない場合に相当し、ハーディ・ワインベルグの平衡そのものを示している。

次に、aa のみで子孫を残す確率が低下する場合を考える。 $W_0 = W_1 = 1, W_2 = 1 - s (0 < s \leq 1)$  として、これを式 2 に代入し、

$$[\text{式 3}] \quad \Delta q' = \boxed{\text{ア}}$$

が得られる。特に aa が致死の場合は式 3 に  $s = 1$  を代入し、さらに  $p = 1 - q$  を考慮して整理すると、

$$[\text{式 4}] \quad \Delta q' = \boxed{\text{イ}}$$

が導かれる。式 4 が必ず負になることから、a の遺伝子頻度は世代ごとに減少していくことがわかる。しかし、式 4 のままでは世代経過にしたがった a の遺伝子頻度の変化の傾向をとらえにくい。そこで、ハーディ・ワインベルグの平衡が成立していた世代(自然選択を受ける直前の世代)を第 0 世代、自然選択後に初めて生じた世代を第 1 世代とし、世代ごとの a の遺伝子頻度を順次  $q_0, q_1, q_2, q_3 \dots$  とおいてみる。最初の自然選択の効果は  $\Delta q' = q_1 - q_0$  となるので、式 4 から、

[式5]  $q_1 = \boxed{\text{ウ}}$

が導かれる。同様にして、 $q_2, q_3 \dots$ も  $q_0$  を使ってあらわすことができ、一般的に第  $n$  世代 ( $n$  は 0 もしくは自然数) の  $q_n$  は  $q_0$  と  $n$  を使って、

[式6]  $q_n = \boxed{\text{エ}}$

となる。式6をグラフにあらわすことで世代経過にしたがった  $a$  の遺伝子頻度の変化が読み取れる。

続いて、優性の対立遺伝子  $A$  が子孫を残す確率を低下させる場合を考える。 $AA$  と  $Aa$  で子孫を残す確率の低下が等しい場合、 $W_0 = W_1 = 1 - t$  ( $0 < t \leq 1$ )、 $W_2 = 1$  として、式2に代入すると、自然選択後には  $a$  の遺伝子頻度が増えることがわかる。

最後に、 $Aa$  が子孫を残す確率は一定で、 $AA$  と  $aa$  では子孫を残す確率が異なる場合を考える。上記にならって  $W_0 = 1 - t$ 、 $W_1 = 1$ 、 $W_2 = 1 - s$  として式2に代入し、 $p = 1 - q$  を利用して整理すると、

[式7]  $\Delta q' = \frac{pq(\boxed{\text{オ}})}{1 - tp^2 - sq^2}$

となる。分母は必ず正なので、 $\Delta q'$  の正負は  $\boxed{\text{オ}}$  の正負で決まり、

- $\boxed{\text{オ}} > 0$  ならば  $\Delta q' > 0$  となり、 $a$  の頻度は増加
- $\boxed{\text{オ}} < 0$  ならば  $\Delta q' < 0$  となり、 $a$  の頻度は減少
- $\boxed{\text{オ}} = 0$  ならば  $\Delta q' = 0$  となり、 $a$  の頻度は一定

と導き出される。 $a$  の頻度が一定になる場合、 $q$  は  $s$  と  $t$  をもちいて

[式8]  $q = \boxed{\text{カ}}$

とあらわされる。式8が成立する条件では、 $a$  がきわめて有害な遺伝子で強い淘汰を受けても、 $a$  は集団内に一定の頻度で保たれる。これをヘテロ接合優勢とよぶ。

問 1 下線部 1 について、下の表はハーディ・ワインベルグの法則が成り立つための 5 つの条件を、それぞれの条件が成り立たなくなった場合の集団への影響という面から分類したものである。表の空欄  ~  に入るハーディ・ワインベルグの法則が成り立つための条件を、それぞれ 10 文字以内で答えよ。句読点は文字数に含めない。

ハーディ・ワインベルグの法則が成り立つための条件	該当する条件が成り立たなくなった場合の集団への影響
突然変異が生じない	遺伝子頻度を一定の方向に変化させる
自然選択や淘汰が起きない	
<input type="text" value="あ"/>	
<input type="text" value="い"/>	遺伝子頻度を変化させるが、その方向性は偶然によって左右される
<input type="text" value="う"/>	遺伝子型頻度を変化させるが、遺伝子頻度には影響しない

問 2 空欄 ,  にそれぞれ最も適当な数式を入れよ。

問 3 下線部 2 について、a が劣性致死の場合、a の遺伝子頻度は世代経過にしたがってどのように変化するか。グラフの概形を解答用紙に実線で書き込んで示せ。

問 4 あるヘモグロビン変異をホモで持つヒトのほとんどは、子孫を残す前に鎌状赤血球貧血症で死んでしまうが、正常型とのヘテロ個体は生存や生殖は正常で、マラリアにも感染しにくい。一方、正常型のホモ個体がマラリアに感染すると子孫を残す確率が低下する。これを参考にして、以下の(1)、(2)の問いに答えよ。

(1) あるマラリア流行地帯の集団では、このヘモグロビン変異の遺伝子頻度は世代を超えて 10% で一定しており、ヘテロ接合優勢の典型例であると考えられる。ヘテロ個体が子孫を残す確率を 1 とする時、式 8 を利用して、この地帯での正常型ホモ個体が子孫を残す確率を分数で答えよ。

(2) 問 4(1)の地帯でマラリアが完全になくなった場合、この集団での鎌状赤血球貧血症の出現率が現在の  $\frac{1}{9}$  になるのは何世代後か、式 6 を利用して計算せよ。ただし、マラリアがなくなった後に初めて生まれた世代を第 1 世代(つまり  $q_1$ )とし、マラリアの有無以外の環境条件には変化がないものとする。