

受験番号

解答用紙 1

評点

1

Answers

1. _____ to _____
2. less _____ than half of all garbage is collected _____
and what _____
3. _____ or _____
4. _____ attempts _____
5. _____ by _____
6. _____ expensive _____
7. (A) _____ corporations _____
(B) _____ countries _____
(C) _____ systems _____
(D) _____ hopes _____
8. _____ awareness _____
9. A : (T) F
B : T (F)
C : T (F)
D : (T) F
10. _____ A _____

受験番号

解答用紙 2

評 点

2

Answers

※ 3. の manufactures → manufacturers の誤植は試験開始時に訂正紙を配付して周知。

1. A

2. to

manufacturers
3. ~~manufactures~~ are not willing to include freshness sensors
in the food

4. work

5. Moreover

6. D

7. (A) operate

(B) require

(C) react

(D) expand

8. in

9. A : T (F)

B : (T) F

C : T (F)

D : T (F)

10. C

受験番号

解答用紙

3

評点

3

◇K2(869)4◇

問題 3

問 1	$\frac{v_0^2}{2L_0}$	
問 2	ストーン A には選手から押される力とシートからの摩擦力が働くから、運動方程式は $ma = F - \mu mg$ $\therefore F = m(a + \mu g) = m\left(\frac{v_0^2}{2L_0} + \mu g\right)$	
問 3	$\frac{1}{2}mv_0^2$	問 4
		$\frac{v_0^2}{2\mu'g}$
問 5	$\sqrt{2\mu gL}$	問 6
		$mv = mv_A + mv_B$
問 7	$\frac{v_A - v_B}{v} = e$	
問 8 速度 v_A	$\frac{1+e}{2}v$	問 8 速度 v_B
		$\frac{1-e}{2}v$

問 9

ストーン A をハウスから外に出すためには、衝突直後のストーン A の運動エネルギーがハウスの半径 r 内での摩擦による仕事より大きくなる必要があるから、

$$\frac{1}{2}mv_A^2 - \mu mgr > 0$$

$$\left(\frac{1+e}{2}\right)^2 v^2 > 2\mu gr \therefore v > \frac{\sqrt{8\mu gr}}{1+e}$$

ストーン B がハウス内にとどまるためには、衝突直後のストーン B の運動エネルギーがハウスの半径 r 内での摩擦による仕事以下になる必要があるから、

$$\frac{1}{2}mv_B^2 - \mu mgr \leq 0$$

$$\left(\frac{1-e}{2}\right)^2 v^2 \leq 2\mu gr \therefore v \leq \frac{\sqrt{8\mu gr}}{1-e}$$

ここで、 v と v_1 の関係は、

$$\frac{1}{2}mv_1^2 - \mu mgL = \frac{1}{2}mv^2 \therefore v = \sqrt{v_1^2 - 2\mu gL}$$

よって、求める条件は

$$\frac{\sqrt{8\mu gr}}{1+e} < \sqrt{v_1^2 - 2\mu gL} \leq \frac{\sqrt{8\mu gr}}{1-e}$$

$$\Leftrightarrow \sqrt{2\mu g\left(L + \frac{4r}{(1+e)^2}\right)} < v_1 \leq \sqrt{2\mu g\left(L + \frac{4r}{(1-e)^2}\right)}$$

受験番号

解答用紙

4

評点

4

◇K2(369—5)

問題 4

問 1 (1)

振動数が人の可聴音の上限（およそ $20,000 \text{ Hz}$ ）以上で、音として知覚されない音波

問 1 (2)

波が障害物の側や狭い隙間（波長程度以下の領域）を通過すると、障害物や隙間の背後の領域に回り込んで進行する現象

問 2 周期

$$\frac{1}{f}$$

問 2 波長

$$\frac{V}{f}$$

問 3

$$\frac{Vt}{2}$$

問 4

昆虫の表面と崖の表面で反射した2つの波が、互いに弱め合う干渉を起こしたから。

問 5

$$\frac{V}{4f_0}$$

問 6

$$f\Delta t$$

問 7

$$(V - v)\Delta t$$

問 8

$$\frac{V - v}{f}$$

問 9

$$\frac{V + w}{V - v}f$$

問10

昆虫は振動数 f' の音波を速さ w で進行しながら反射することになるから、昆虫の発する反射波の波長 λ'' は、問8と同様にして

$$\lambda'' = \frac{V - w}{f'} = \frac{V - w}{V + w} \frac{V - v}{f}$$

コウモリはこの波を、波に向かって速さ v で進行しながら受け取るから、コウモリの知覚する振動数 f'' は、問9と同様にして

$$f'' = \frac{V + v}{\lambda''} = \frac{V + v}{V - v} \frac{V + w}{V - w} f$$

よって、うなりの振動数（単位時間あたりの回数）は

$$F = f'' - f = \left(\frac{V + v}{V - v} \frac{V + w}{V - w} - 1 \right) f = \frac{2(v + w)V}{(V - v)(V - w)} f$$

受験番号

解答用紙

5

評点	5	
----	---	--

◇K2(869—6)

問題 5

問 1	ア	黄緑	イ	塩素水	ウ	次亜塩素酸カルシウム
	エ	液体	オ	赤褐	カ	感光性

問 2 1)

計算式等

単位格子中には NaCl が 4 個含まれている。
密度を d 、NaCl のモル質量を M 、アボガドロ定数を N_A 、単位格子の一辺の長さを ℓ とする。
 $d = 4M / N_A \ell^3$
 $= (4 \times (23.0 + 35.5)) / (6.0 \times 10^{23} \times (0.56 \times 10^{-9} \times 10^2)^3)$
 $\div 2.2$

解答 2.2 (g/cm³)

2)

CaS	MgO	※ 順不同
-----	-----	-------

問 3 下線部(2)

MnO₂ + 4HCl → MnCl₂ + 2H₂O + Cl₂

下線部(3)

Ca(ClO)₂ · 2H₂O + 4HCl → CaCl₂ + 4H₂O + 2Cl₂

問 4

Cl₂ + 2KBr → 2KCl + Br₂

問 5 1)

オキソ酸

2)

+ 1

物質名	分子式	塩素原子の酸化数
亜塩素酸	HClO ₂	+ 3
塩素酸	HClO ₃	+ 5
過塩素酸	HClO ₄	+ 7

4)

過塩素酸

問 6

計算式等

Cl₂ (気) = 2Cl (気) − 243 kJ (1)
H₂ (気) = 2H (気) − 436 kJ (2)
HCl (気) = H (気) + Cl (気) − 432 kJ (3)
(1) + (2) − (3) × 2 より
Cl₂ (気) + H₂ (気) = 2HCl (気) + 185 kJ (4)
HCl (気) の生成熱をあらわす熱化学方程式は (4) を 2 で割ったものである。
1/2Cl₂ (気) + 1/2H₂ (気) = HCl (気) + 92.5 kJ
したがって、生成熱は 92.5 kJ/mol となる。

解答 92.5 (kJ/mol)

受験番号

解答用紙 6

評点	6	
----	---	--

◇K2(869—7)

問題 6

問 1	ア	グリシン	イ	不斉炭素原子
	ウ	塩基	エ	酸
	オ	pH	カ	必須アミノ酸

問 2

1)

①

2)

陽イオン	双性イオン
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COOH} \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$	$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_3^+ \end{array}$
陰イオン	
$\begin{array}{c} \text{H}_3\text{C}-\text{CH}-\text{COO}^- \\ \\ \text{NH}_2 \end{array}$	

問 3	1)	ニンヒドリン										2)	①		
	3)	溶出液 2													
	解答														
	理由	陽イオンのアミノ酸は、陽イオン交換樹脂に強く結合するから。													

問 4	計算式等		
	アミノ酸 x g 中の各元素の質量は以下である。 C: 0.361x, H: 0.053x, N: 0.105x, O: 0.481x モル比に換算すると C:H:N:O = (0.361x/12) : (0.053x/1) : (0.105x/14) : (0.481x/16) = 30.1 : 53.0 : 7.5 : 30.1 = 4.0 : 7.1 : 1.0 : 4.0 ≒ 4 : 7 : 1 : 4 よってアミノ酸の分子式は C ₄ H ₇ NO ₄ である。		
	<table><tr><td>解答</td><td>C₄H₇NO₄</td></tr></table>	解答	C ₄ H ₇ NO ₄
解答	C ₄ H ₇ NO ₄		

問 5

1)

イオン Z^- のモル濃度 : イオン Z^+ のモル濃度 = 1 : 1

2)

計算式等

イオン Z^+ 、 $Z^\pm$ および Z^- のモル濃度をそれぞれ $[Z^+]$ 、 $[Z^\pm]$ 、 $[Z^-]$ 、
水素イオン濃度を $[H^+]$ とすると、

$$K_1 = [Z^\pm] [H^+] / [Z^+], K_2 = [Z^-] [H^+] / [Z^\pm] \quad \text{より,}$$

$$K_1 K_2 = [H^+]^2 [Z^-] / [Z^+]$$

よって、

$$[Z^+] : [Z^-] = [H^+]^2 : K_1 K_2 \quad \text{である。}$$

$$K_1 = 1 \times 10^{-2} \text{ mol/L}, K_2 = 1 \times 10^{-10} \text{ mol/L} \quad \text{および}$$

$$[H^+] = 1 \times 10^{-7} \text{ mol/L} \text{ (水溶液が pH = 7 より) を代入すると,}$$

$$[Z^+] : [Z^-] = 1 \times 10^{-14} : 1 \times 10^{-12}$$

$$= 1 : 100$$

解答

100 倍 (1×10^2 倍)

受験番号

解答用紙 7

評点	7	
----	---	--

◇K2(869—8)

問題 7

問 1	A	中枢	B	樹状突起	C	シナプス（間隙）	D	ノルアドレナリン	E	アセチルコリン	※DとEは順不同
-----	---	----	---	------	---	----------	---	----------	---	---------	----------

問 2	そ、れ、ぞ、れ、の、軸、索、の、興、奮、を、引、き、起、こ、す、刺、激、の、閾、値、は、異、な、り、興、奮、す、る、 軸、索、の、数、の、違、い、に、よ、り、刺、激、の、強、さ、を、伝、え、て、い、る、。
-----	---

問 3	有、髓、神、経、繊、維、に、あ、る、髓、鞘、が、絶、縁、体、と、し、て、働、き、そ、の、間、に、あ、る、ラ、ン、ビ、 エ、絞、輪、で、の、み、興、奮、が、起、こ、り、興、奮、が、と、び、と、び、に、伝、導、す、る、た、め、。

問 4 1)	瞳孔反射
--------	------

2)	F	明順応	G	錐体	H	桿体	I	暗順応
----	---	-----	---	----	---	----	---	-----

問 5	筋紡錘	キ	脊 髄	エ	膝の伸筋	ウ
-----	-----	---	-----	---	------	---

受験番号

解答用紙 8

評点	8	
----	---	--

◇K2(869-9)

問題 8

問 1	ア	ゲノム	イ	対立	ウ	光周性	エ	暗期	オ	限界暗期
	カ	短日	キ	長日	ク	$\textcircled{F} \cdot f$	ケ	$F \cdot \textcircled{f}$		

問 2 1)	コ	2 価	サ	乗換え	シ	20
--------	---	-----	---	-----	---	----

2)	ス	2	セ	3	ソ	2	タ	3
----	---	---	---	---	---	---	---	---

3)	$\textcircled{\text{遺伝子座①}}$ 遺伝子座②	理由	開 花 期 遺 伝 子 座 は 遺 伝 子 座 ① と 完 全 に 連 鎖 し て お り 、 組 換 え が 見 ら れ な い た め 。
----	------------------------------------	----	--

問 3 1)	塩基① $\textcircled{\text{塩基②}}$	2)	塩 基 ① で は ア ミ ノ 酸 の 置 換 は 起 こ ら な い が 、 塩 基 ② に よ り 終 止 コ ド ン が 生 じ 、 短 い ア ミ ノ 酸 配 列 を 持 つ タ ン パ ク 質 が で き る こ と で 、 フ ロ リ ゲ ン が 機 能 を 失 う た め 。
--------	--------------------------------	----	--

問 4 1)	春化
--------	----

2) 秋に発芽した植物が、	冬 の 低 温 を 経 過 し た 後 に 長 日 条 件 に 反 応 し て 花 芽 形 成 で き る よ う に な る こ と で 、 秋 に 誤 っ て 花 芽 形 成 す る の を 抑 制 し て 春 か ら 初 夏 の 適 切 な 環 境 で 開 花 し 、 確 実 に 種 子 を 残 す こ と が で き る た め 。
---------------	---

受験番号

解答用紙

9

評点

9

◇K2(869—10)

問題 9 ※解答がこの面で書ききれないときは、うら面に書きなさい。

問 1.

- (1) 数列 $\{a_n\}$ は初項1, 公比 $\frac{1}{2}$ の等比数列であり, 数列 $\{b_n\}$ は初項1, 公比 r の等比数列であり, $r=2$ より,

$$a_n = \frac{1}{2^{n-1}}, \quad b_n = 2^{n-1}. \quad ①$$

- (2) ①より,

$$|\vec{p}_n|^2 = a_n^2 + a_{n+1}^2 = \frac{1}{2^{2(n-1)}} + \frac{1}{2^{2n}} = \frac{5}{2^{2n}}, \quad |\vec{q}_n|^2 = b_n^2 + b_{n+1}^2 = 2^{2(n-1)} + 2^{2n} = 5 \times 2^{2(n-1)},$$

したがって,

$$|\vec{p}_n| = \frac{\sqrt{5}}{2^n}, \quad |\vec{q}_n| = 2^{n-1} \times \sqrt{5} \quad ②$$

- (3) ②と内積の定義、三角関数の相互関係および加法定理より,

$$\cos \theta_n = \frac{\vec{p}_n \cdot \vec{q}_n}{|\vec{p}_n| |\vec{q}_n|} = \frac{a_n b_n + a_{n+1} b_{n+1}}{5/2} = \frac{1+1}{5/2} = \frac{4}{5}, \quad \sin \theta_n = \sqrt{1 - \cos^2 \theta_n} = \frac{3}{5}, \quad ③$$

$$\sin(\theta_n + \theta_{n+1}) = \sin \theta_n \cos \theta_{n+1} + \cos \theta_n \sin \theta_{n+1} = 2 \sin \theta_n \cos \theta_n = \frac{24}{25},$$

$$\cos(\theta_n + \theta_{n+1}) = \cos \theta_n \cos \theta_{n+1} - \sin \theta_n \sin \theta_{n+1} = \cos^2 \theta_n - \sin^2 \theta_n = \frac{7}{25}$$

となる。ここで、題意より、 $\sin \theta_n \geq 0$ となることを用いた。

- (4) 原点 O, 点 $A_n(a_n, a_{n+1})$, 点 $B_n(b_n, b_{n+1})$ を頂点とする三角形 OA_nB_n において,

$|\vec{p}_n|$, $|\vec{q}_n|$, $|\vec{p}_n - \vec{q}_n|$ はそれぞれ辺 OA_n , OB_n , A_nB_n の長さで, 角 A_nOB_n の大きさが θ_n である。よって, 余弦定理と②, ③より,

$$|\vec{p}_n - \vec{q}_n|^2 = |\vec{p}_n|^2 + |\vec{q}_n|^2 - 2|\vec{p}_n| \cdot |\vec{q}_n| \cdot \cos \theta_n = 5 \left(\frac{1}{2^{2n}} + 2^{2(n-1)} \right) - 4$$

となるので, $|\vec{p}_1 - \vec{q}_1|^2 = \frac{9}{4}$, $|\vec{p}_2 - \vec{q}_2|^2 = \frac{261}{16}$ より,

$$|\vec{p}_2 - \vec{q}_2|^2 - |\vec{p}_1 - \vec{q}_1|^2 = \frac{225}{16}$$

となる。

問 2.

- (1) 題意より, $b_n = r^{n-1}$. ④

- (2) ④より, $c_n = \log_2 \left(\frac{\log_r b_{n+3}}{\log_r b_{n+1}} \right) = \log_2 \frac{n+2}{n}$, ⑤

⑤より,

$$S_n = \sum_{i=1}^n c_n = \sum_{i=1}^n \log_2 \frac{i+2}{i} = \log_2 \frac{3 \cdot 4 \cdots n \cdot (n+1) \cdot (n+2)}{1 \cdot 2 \cdot 3 \cdots (n-1) \cdot n} = \log_2 \left\{ \frac{1}{2} (n+1)(n+2) \right\}$$

⑥

- (3) ⑥と $S_n > 1 + \log_2 5$ より, $\log_2 \left\{ \frac{1}{2} (n+1)(n+2) \right\} > \log_2 10$ となるので,

$(n+1)(n+2) > 20$, つまり, $n^2 + 3n - 18 > 0$ を解いて $n < -6$, $n > 3$ 。したがって, これを満たす自然数 n の最小値は $n=4$ 。

受験番号

解答用紙

10

評点

10

◇K2(869-12)

問題10 ※解答がこの面できれいなときは、うら面に書きなさい。

問1 (1) $f(x) = ax^2 + 2bx$ より、 $f'(x) = 2ax + 2b$ 。また、関数 $f(x)$ は点(2, 4)で極値をとるから、 $f(2) = 4a + 4b = 4$ 、 $f'(2) = 4a + 2b = 0$ 。この連立方程式を解けば次の結果が得られる。

$$a = -1, b = 2$$

(2) 上記の結果より、関数 $f(x)$ の導関数は次のようになる。

$$f'(x) = -2x + 4$$

(3) 上記の結果より、 $C_f: f(x) = -x^2 + 4x$ 、 $C_g: g(x) = -x^2 + 2x$ 、 $C_h: h(x) = -x^2 + 6x - 8$ となる。

$f(x) = g(x)$ より、 $-x^2 + 4x = -x^2 + 2x$ 。その解より $x = 0$ 、 $f(0) = g(0) = 0$ 。よって、

点Uの座標は(0, 0)である。

同様に、 $f(x) = h(x)$ から、 $-x^2 + 4x = -x^2 + 6x - 8$ 。その解より $x = 4$ 、 $f(4) = h(4) = 0$ 。よって、

点Vの座標は(4, 0)となる。

また、 $g(x) = h(x)$ から、 $-x^2 + 2x = -x^2 + 6x - 8$ 。その解より $x = 2$ 、 $g(2) = h(2) = 0$ 。よって、

点Wの座標は(2, 0)となる。

(4) 各曲線の位置関係（問題の図示を参照）とグラフの対称性より、求める面積は

$$2 \int_0^2 \{f(x) - g(x)\} dx = 2 \int_0^2 \{-x^2 + 4x - (-x^2 + 2x)\} dx = 2 \int_0^2 2x dx = 2 \times \left[x^2 \right]_0^2 = 8$$

問2. (1) $C_f: f(x) = -x^2 + 4x$ より、 p を用いて点Pの座標を表せば $(p, -p^2 + 4p)$ となる。また、直線 L は原点と点Pを通るので、所与条件の下でその傾きは次のように表される。

$$\beta = \frac{-p^2 + 4p}{p} = 4 - p$$

同様に、 $C_g: g(x) = -x^2 + 2x$ より点Qの座標は $(q, -q^2 + 2q)$ となり、(少なくとも $0 < q < 2$ のとき) 直線 L の傾きは $\beta = \frac{-q^2 + 2q}{q} = 2 - q$ となるので、 $4 - p = 2 - q$ という関係が得られる。よつ

$$\beta = \frac{-q^2 + 2q}{q} = 2 - q$$

て、

$$q = p - 2$$

問1(3)の結果より、点Uは座標の原点と重なる。そのため、 $\triangle PUA$ と $\triangle QUB$ はそれぞれPUとQUを斜辺とする直角三角形である。したがって、点Pの座標 $(p, -p^2 + 4p)$ より、 $\triangle PUA$ の面積を p

の式で表せば $S_1 = \frac{1}{2} p(-p^2 + 4p)$ となる。また、点Qの座標 $(q, -q^2 + 2q)$ より、 $\triangle QUB$ の面積

は $S_2 = \frac{1}{2} q(-q^2 + 2q) = \frac{1}{2} (p-2)\{-(p-2)^2 + 2(p-2)\}$ で表される。よって、

$$S = S_1 + S_2 = -p^3 + 6p^2 - 10p + 8$$

(2) 上記の S を p の関数と見なして、 $S'(p) = -3p^2 + 12p - 10 = -(p - \frac{6 + \sqrt{6}}{3})(p - \frac{6 + \sqrt{6}}{3})$ 。

$2 < p \leq 4$ の範囲において、 $S'(p) = 0$ のとき $p = \frac{6 + \sqrt{6}}{3}$ となり、 $S(p)$ の増減表は次のようになる。

p	2		$(6 + \sqrt{6})/3$		4
$S'(p)$	2	+	0	-	-10
$S(p)$	4	↗	極大	↘	0

よって、 S が最大になるとき、 $p = \frac{6 + \sqrt{6}}{3}$ 。

(3) 直線 L と曲線 C_h の接点をRとし、その x 座標を r とする。点Rの座標の求め方として次の2つを挙げる。

【方法A】 $h(x) = -x^2 + 6x - 8$ より点Rの座標は $(r, -r^2 + 6r - 8)$ となり、(少なくとも $2 < r < 4$ のとき) 直線 L の傾きは $\beta = \frac{-r^2 + 6r - 8}{r}$ で表される。また、 $h'(x) = -2x + 6$ より、接点Rにおけ

る直線 L の傾きは $h'(r) = -2r + 6$ となる。したがって、 $\beta = \frac{-r^2 + 6r - 8}{r} = -2r + 6$ 、その解は

$r = \pm 2\sqrt{2}$ である。一方、 $\beta = 4 - p$ と $2 < p \leq 4$ より、 $0 \leq \beta = -2r + 6 < 2$ という不等式が得られ、その解は $2 < r \leq 3$ である。両方を併せて、 $r = 2\sqrt{2}$ となり、これを $(r, -r^2 + 6r - 8)$ に代入すれば以下の結果が得られる。

直線 L と曲線 C_h の接点座標は $(2\sqrt{2}, 12\sqrt{2} - 16)$ である。

【方法B】 直線 $L: y = (4 - p)x$ が点Rにおいて曲線 $C_h: y = -x^2 + 6x - 8$ に接するとき、

$(4 - p)r = -r^2 + 6r - 8$ 、つまり、次の2次方程式が得られる。

$$r^2 - (p + 2)r + 8 = 0 \quad \text{①}$$

このとき、方程式①は重解を持ち、判別式 D は、 $D = (p + 2)^2 - 32 = 0$ となる。これを解いて、 $p = -2 \pm 4\sqrt{2}$ であるが、制約条件 $2 < p \leq 4$ より、

$$p = -2 + 4\sqrt{2} \quad \text{②}$$

となる。また、②を用いれば方程式①は $r^2 - 4\sqrt{2}r + 8 = 0$ となり、その解は $r = 2\sqrt{2}$ である。さらに、対応する点Rの y 座標は、 $y = \{4 - (-2 + 4\sqrt{2})\} \times 2\sqrt{2} = 12\sqrt{2} - 16$ となる。よって、

直線 L と曲線 C_h の接点座標は $(2\sqrt{2}, 12\sqrt{2} - 16)$ である。

