

$\begin{Bmatrix} C1 \\ C2 \end{Bmatrix}$ —2024—数理科学・物理・地球科学

専門(多肢選択式)試験問題

注 意 事 項

- 問題は **115 題(89 ページ)** あります。次のとおり I 部、II 部及び III 部を合計して **40 題** を解答してください。
 - **I 部(必須)**
No. 1 ~ No. 5 (**5 題**) は必須問題です。受験者全員が解答してください。
 - **II 部(選択 A、選択 B から一つ選択)**
選択 A 又は選択 B のどちらか一つを任意に選択し、**10 題** を解答してください。答案用紙の「**選択**」の欄には、「**選択 A**」を選択した場合は「**a**」、「**選択 B**」を選択した場合は「**b**」をマークしてください。**マークされた一つの「選択」以外の問題は採点されません**ので、注意してください。
選択 A (数 理 科 学 系) : No. 6 ~ No. 15 (**10 題**)
選択 B (物 理 ・ 地 球 科 学 系) : No. 16 ~ No. 25 (**10 題**)
 - **III 部(90 題から 25 題選択)**
90 題 (No. 26 ~ No. 115) から **任意の 25 題** を選択して解答してください。なお、25 題を超えて解答しても超えた分については採点されません。
- 科目別構成の詳細は、この問題集の**裏表紙**に掲載されていますので、解答開始までによく読んでおいてください。
- 解答時間は **3 時間 30 分** です。
- 下書き用紙はこの問題集の**中央部**にとじ込んであります。**試験官の指示に従って、試験開始後に問題集から下書き用紙だけを慎重に引きはがして**使用してください。なお、誤って問題集を破損しても、問題集の交換はできませんので注意してください。
- この問題集で単位の明示されていない量については、全て国際単位系 (SI) を用いることとします。
- この問題集は、本試験種目終了後に持ち帰りができます。
- 本試験種目の途中で退室する場合は、退室時の問題集の持ち帰りはできませんが、希望する方には後ほど渡します。別途試験官の指示に従ってください。なお、試験時間中に、この問題集から**下書き用紙以外**を切り取ったり、問題を転記したりしないでください。
- 下欄に受験番号等を記入してください。

第 1 次試験地	試験の区分 数理科学・物理・ 地球科学	受験番号	氏 名
----------	---------------------------	------	-----

指示があるまで中を開いてはいけません。

I 部(No. 1～No. 5)は**必須問題**です。これらの問題について、**全てを解答**してください。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 1】 $m = 2024! + 1$ とするとき、 $m^6 - m^2$ を 24 で割ったときの余りはいくらか。

1. 0
2. 2
3. 4
4. 6
5. 12

【No. 2】 点 O を中心とする半径 1 の円があり、その円周上に $3\overrightarrow{OA} + 7\overrightarrow{OB} + 8\overrightarrow{OC} = \vec{0}$ を満たすよう点 A, B, C を配置した。このときの $\triangle AOB$ の面積はいくらか。

1. $\frac{1}{7}$
2. $\frac{\sqrt{3}}{4}$
3. $\frac{2\sqrt{3}}{7}$
4. $\frac{1}{2}$
5. $\frac{4\sqrt{3}}{7}$

【No. 3】 $f(x) = \tan^{-1} 4x$ であるとき、 $f'(1)$ はいくらか。

ただし、 $\tan^{-1} x$ は $\tan \theta = x$ 及び $-\frac{\pi}{2} < \theta < \frac{\pi}{2}$ を満たすただ一つの θ のことである。

1. $\frac{4}{17}$

2. $\frac{4}{5}$

3. $\frac{16}{17}$

4. 1

5. 2

【No. 4】 それぞれ 10 本のくじが入った、タイプ A の箱が三つとタイプ B の箱が一つある。A の箱には当たりが 1 本、外れが 9 本入っており、B の箱には当たりが 7 本、外れが 3 本入っている。1 回のくじ引きでは、四つの箱から無作為に一つの箱を選び出し、その箱からくじを 1 本引き、引いたくじを元の箱に戻し、選んだ箱を他の箱と区別がつかないように戻す。2 回のくじ引きで 2 回とも当たりを引いたとき、どちらの当たりも A の箱から引いていた確率はいくらか。

1. $\frac{1}{16}$

2. $\frac{9}{100}$

3. $\frac{9}{79}$

4. $\frac{49}{100}$

5. $\frac{9}{16}$

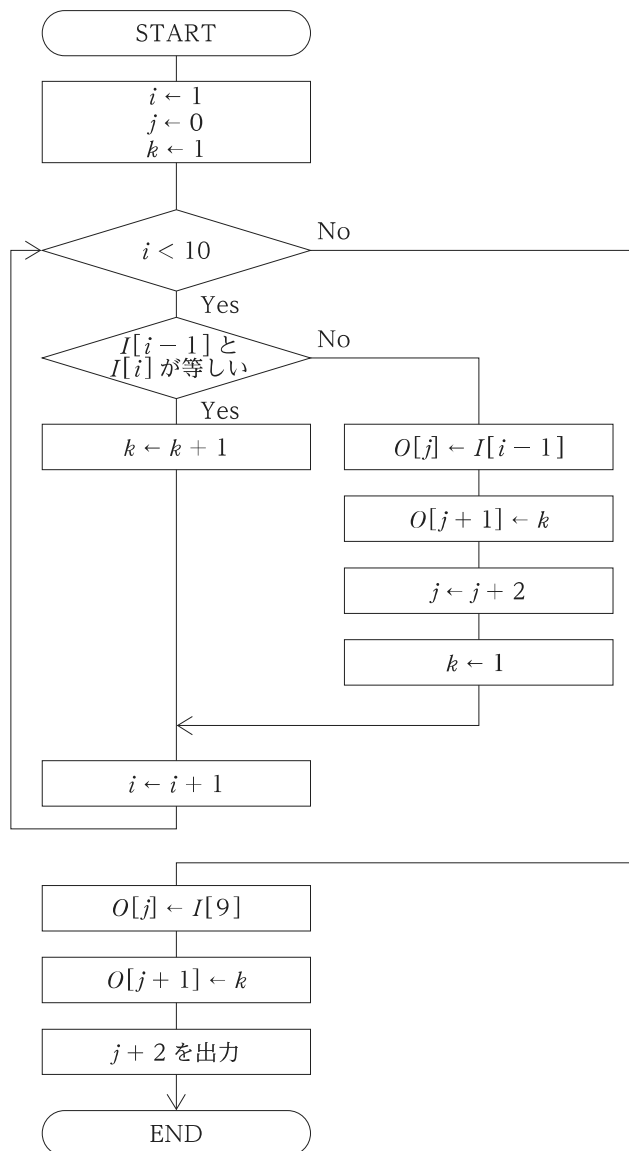
【No. 5】 配列要素 $I[0]$, $I[1]$, ..., $I[9]$ から成る配列 I が定義され、各配列要素に次のように文字が格納されている。

$I[0]$	$I[1]$	$I[2]$	$I[3]$	$I[4]$	$I[5]$	$I[6]$	$I[7]$	$I[8]$	$I[9]$
A	A	A	A	B	B	C	A	A	A

図は、配列 I に格納されている文字列を圧縮した結果を配列 O に格納するフローチャートである。このフローチャートを実行したとき、最後に出力される値はいくらか。

ただし、配列 O には文字列を圧縮した結果を格納する十分な領域が確保されている。

1. 4
2. 5
3. 6
4. 7
5. 8



Ⅱ部(No. 6～No. 25)は**選択問題**です。これらの問題について、
選択A(数理科学系、No. 6～No. 15)又は**選択B**(物理・地球科学系、No. 16～No. 25)の
いずれか一方(10題)を選択して解答してください。

No. 6～No. 15 は選択A(数理科学系)です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 6】 行列 A を $A = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$ とし、 A の行列式 $|A|$ が $|A| = -1$ であるとする。さらに、 A の逆行列 A^{-1} が $A^{-1} = \begin{pmatrix} a & c \\ b & d \end{pmatrix}$ を満たすとき、 A^2 として正しいのはどれか。

1. $\begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$

2. $\begin{pmatrix} -1 & 1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}$

3. $\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$

4. $\begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

5. $\begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$

【No. 7】 実正方行列 X に対して、 $\exp(X) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{X^n}{n!}$ と定める。ただし、 X^0 は単位行列とする。

$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$, $B = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$ に対して、 $\exp(A)\exp(B)$ として正しいのはどれか。

1. $\begin{pmatrix} 1 & e^2 \\ 0 & e^2 \end{pmatrix}$

2. $\begin{pmatrix} 1 & \frac{e^2}{2} \\ 0 & e^2 \end{pmatrix}$

3. $\begin{pmatrix} 0 & e^2 \\ 0 & e^2 \end{pmatrix}$

4. $\begin{pmatrix} 0 & \frac{e^2 - 1}{2} \\ 0 & e^2 \end{pmatrix}$

5. $\begin{pmatrix} 1 & \frac{e^2 - 1}{2} \\ 0 & e^2 \end{pmatrix}$

【No. 8】 次の行列式の値はいくらか。

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 1 & 2 \\ -2 & 1 & 2 & -1 \\ -1 & -2 & 1 & 2 \\ -2 & 1 & -2 & 1 \end{vmatrix}$$

1. -100

2. -60

3. -20

4. 60

5. 100

【No. 9】 $\mathbf{R}^3$ において、 $\begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 3 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 1 \\ 2 \\ 0 \end{pmatrix}$ が生成する線形部分空間の直交補空間として正しいのは次のうちではどれか。

1. $\left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \in \mathbf{R}^3 \mid x = -\frac{1}{2}y = \frac{1}{6}z \right\}$

2. $\left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \in \mathbf{R}^3 \mid x - \frac{1}{2}y + \frac{1}{6}z = 0 \right\}$

3. $\left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \in \mathbf{R}^3 \mid x = -\frac{2}{3}y = 4z \right\}$

4. $\left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \in \mathbf{R}^3 \mid x = -2y = 6z \right\}$

5. $\left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \in \mathbf{R}^3 \mid x - 2y + 6z = 0 \right\}$

【No. 10】 複素行列 $\begin{pmatrix} 6 & -3 & 2 \\ 12 & -7 & 6 \\ 8 & -6 & 6 \end{pmatrix}$ の固有値と、それに対応する固有空間の組合せとして正しいのは次のうちではどれか。

- | | 固有値 | 固有空間 |
|----|-----|--|
| 1. | 1 | $\left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \in \mathbf{C}^3 \mid x - y + z = 0 \right\}$ |
| 2. | 1 | $\left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \in \mathbf{C}^3 \mid x = \frac{1}{3}y = \frac{1}{2}z \right\}$ |
| 3. | 2 | $\left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \in \mathbf{C}^3 \mid 4x - 3y - 2z = 0 \right\}$ |
| 4. | 2 | $\left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \in \mathbf{C}^3 \mid 4x = 3y, z = 0 \right\}$ |
| 5. | 2 | $\left\{ \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} \in \mathbf{C}^3 \mid 2x = -z, y = 0 \right\}$ |

【No. 11】 $\{a_n\}, \{b_n\}$ を実数列とし、全ての正の整数 n に対し $b_n \neq 0$ とする。次の記述㉞、㉟、

㊱のうち、常に正しいもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉞ 数列 $\{a_n + b_n\}, \{a_n - b_n\}$ が共に収束するならば、数列 $\{a_n\}, \{b_n\}$ は共に収束する。
㉟ 数列 $\{a_n + b_n\}, \left\{\frac{a_n}{b_n}\right\}$ が共に収束するならば、数列 $\{a_n\}, \{b_n\}$ は共に収束する。
㊱ 正の整数 n に対し $c_n = \frac{a_1 + \cdots + a_n}{n}$ とする。数列 $\{c_n\}$ が収束するならば、数列 $\{a_n\}$ は収束する。

1. ㉞
2. ㉞、㉟、㊱
3. ㉞、㊱
4. ㉟
5. ㉟、㊱

【No. 12】 $\mathbf{R}$ 上の C^2 級関数 $f(x)$ が微分方程式

$$\frac{d^2 f}{dx^2}(x) - f(x) = 0$$

の解であり、初期条件 $f(0) = 1, \frac{df}{dx}(0) = 0$ を満たすとする。

このとき、 $\{f(2)\}^2 - \left\{\frac{df}{dx}(2)\right\}^2$ はいくらか。

1. 0
2. 1
3. 2
4. 3
5. 4

【No. 13】 二つの証券 A, B を保有しており、A, B 共に 1 年後に必ず売却するものとする。売却した証券 A から得られる利得を X 、証券 B から得られる利得を Y とし、1 年後の景気の状態に応じて得られる X と Y は以下の表のとおりとする。

1 年後の景気の状態	X	Y
好景気	4	6
横ばい	2	4
不況	1	-2

なお、1 年後の景気の状態は「好景気」、「横ばい」、「不況」のいずれかであって、それぞれの生じる確率は 10 %，70 %，20 % とする。

このとき、 $\frac{1}{2}X + \frac{1}{2}Y$ の分散はいくらか。

1. 1.8
2. 2.2
3. 2.6
4. 3.6
5. 4.4

【No. 14】 あるバス停の発車時刻は表のとおりとなっており、バスは定刻どおりに発車している。A さんがこのバス停に到着する時刻が 9 時から 10 時の間で一様であるとき、A さんが次のバスの発車までに待つ時間の期待値は何分か。

時	分			
6	35	59		
7	10	30	40	
8	18	35	47	59
9	10	30	40	
10	00	10	30	40
11	00	10	30	40

1. 5
2. $\frac{20}{3}$
3. $\frac{25}{3}$
4. 10
5. $\frac{35}{3}$

【No. 15】 ある農場で生産されるメロンの重さは平均 1200 g、標準偏差 25 g の正規分布に従う。

この農場のメロンを無作為に n 個選ぶとき、その n 個の重さの平均が、95 % 以上の確率で 1195 g より重い値となるために最低限必要な個数 n はいくらか。

ただし、標準正規分布の上側 10 % 点は 1.282、上側 5 % 点は 1.645、上側 2.5 % 点は 1.960 とする。

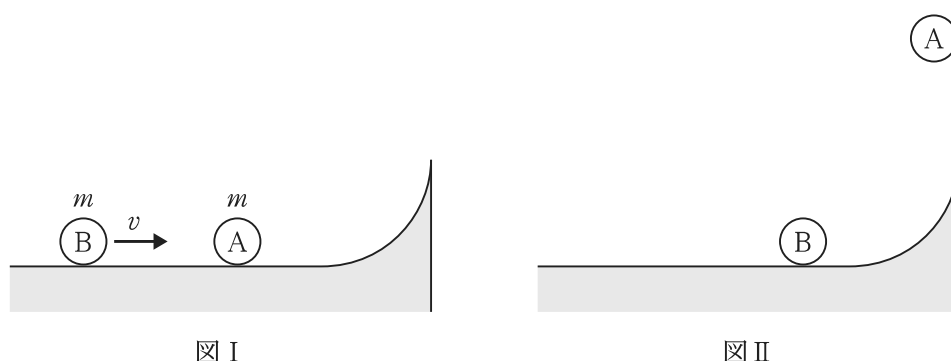
1. 9
2. 10
3. 65
4. 68
5. 97

No. 16～No. 25 は選択B(物理・地球科学系)です。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 16】 図 I のように、水平面と曲面から成る滑らかな床の上に静止している質量 m の小球 A に向かって、質量 m の小球 B を速さ v で等速直線運動させたところ、A と B は非弾性衝突した。その後、A は曲面を通過し、図 II のように鉛直上向きに飛び出し、最高点に達した。このとき、最高点の水平面からの高さとして最も妥当なのはどれか。

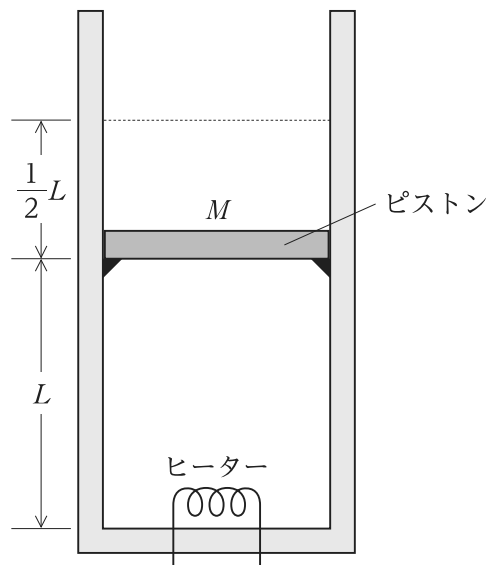
ただし、重力加速度の大きさを g 、A と B の間の反発係数を e とする。



1. $\frac{(1-e)^2 v^2}{8g}$
2. $\frac{(1+e)^2 v^2}{8g}$
3. $\frac{(1+e)^2 v^2}{8e^2 g}$
4. $\frac{e^2 v^2}{2g}$
5. $\frac{v^2}{2e^2 g}$

【No. 17】 熱力学に関する次の記述の㊦、㉑に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図のように、ヒーターと、滑らかに動く質量 M のピストンがついた円筒形の容器が、ピストンが鉛直方向に動く向きで、大気中に置かれている。初め、ピストンは、容器の底から高さ L の位置に設けられたストッパーによって止まっている。また、容器内には、 $n[\text{mol}]$ の単原子分子の理想気体が封入されており、容器内の圧力及び温度は、大気圧及び大気温度に等しい。気体定数を R 、重力加速度の大きさを g 、大気温度を T_0 、理想気体の定積モル比熱を $C_v = \frac{3}{2}R$ とする。



まず、ヒーターのスイッチを入れて容器内の気体を加熱したところ、気体の温度が T_1 になったとき、ピストンが上昇を始めた。このときまでに気体に加えられた熱量 Q_1 は ㊦ である。

その後、加熱を続けたところ、ピストンが $\frac{1}{2}L$ だけ上昇した。このときの気体の温度 T_2 は

㉑ である。

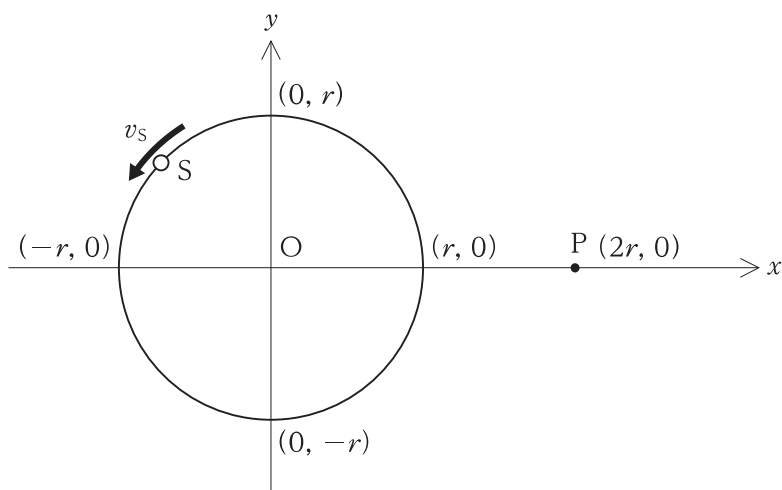
ただし、ピストン及び容器は断熱性であるものとする。」

- | ㊦ | ㉑ |
|---------------------|--|
| 1. $\frac{1}{2}MgL$ | $\frac{1}{2}\left(T_0 + \frac{MgL}{nR}\right)$ |
| 2. $\frac{1}{2}MgL$ | $\frac{3}{2}\left(T_0 + \frac{MgL}{nR}\right)$ |
| 3. $\frac{3}{2}MgL$ | $\frac{1}{2}\left(T_0 + \frac{MgL}{nR}\right)$ |
| 4. $\frac{3}{2}MgL$ | $\frac{3}{2}\left(T_0 + \frac{MgL}{nR}\right)$ |
| 5. $\frac{5}{2}MgL$ | $\frac{1}{2}\left(T_0 + \frac{MgL}{nR}\right)$ |

【No. 18】 ドップラー効果に関する次の記述の㉞、㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図のように、振動数 f_0 の音を出す音源 S が、原点 O を中心とした半径 r の円上を反時計回りに速さ v_s で等速円運動しており、観測者 P は、点 $(2r, 0)$ に静止している。このとき、 P が観測する最大の振動数 f_h と最小の振動数 f_l の差は ㉞ であり、 f_h を観測してから f_l を観測するまでの時間は ㉟ である。

ただし、音速を V とし、 v_s は V よりも小さいものとする。」



- | ㉞ | ㉟ |
|------------------------------------|-----------------------|
| 1. $\frac{2v_s}{V} f_0$ | $\frac{2\pi r}{3v_s}$ |
| 2. $\frac{2v_s}{V} f_0$ | $\frac{\pi r}{v_s}$ |
| 3. $\frac{2Vv_s}{V^2 - v_s^2} f_0$ | $\frac{2\pi r}{3v_s}$ |
| 4. $\frac{2Vv_s}{V^2 - v_s^2} f_0$ | $\frac{\pi r}{v_s}$ |
| 5. $\frac{2Vv_s}{V^2 - v_s^2} f_0$ | $\frac{4\pi r}{3v_s}$ |

【No. 19】 図 I のような回路において、A, B, C の箇所には、抵抗、コイル、コンデンサのいずれか一つずつが接続されている。回路を流れる電流 I 及び A の両端にかかる電圧(点 Q に対する点 P の電位) V_A の時間変化は図 II のようになった。なお、図 I の矢印の向きに流れる電流を正とする。

次に、図 III のように A, B, C をつなぎ替え、直流電源に接続した。初めコンデンサには電荷は蓄えられておらず、スイッチ S を閉じた直後、S にはある大きさの電流が流れた。S を流れる電流は時間とともに変化する、十分に時間が経過した後は、S を閉じた直後と同じ大きさの電流が流れるようになった。

このとき、A と B の箇所に接続されているものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

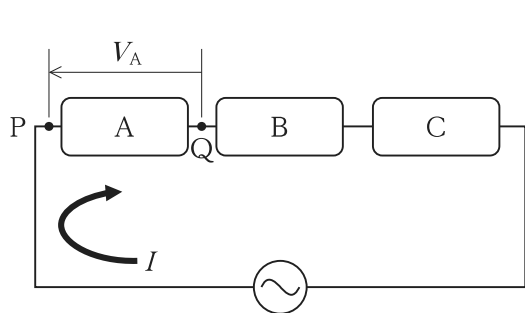


図 I

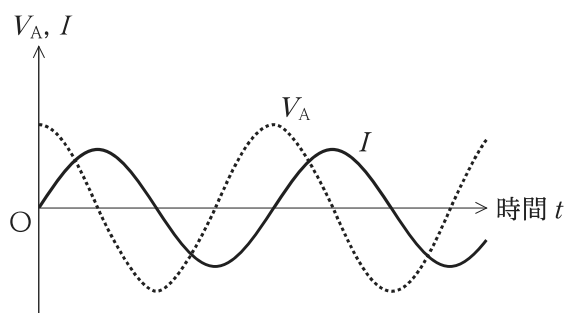


図 II

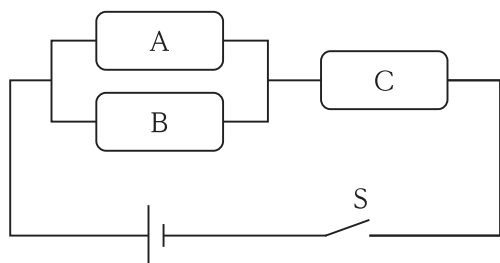


図 III

- | | A | B |
|----|-------|-------|
| 1. | コイル | コンデンサ |
| 2. | コイル | 抵抗 |
| 3. | コンデンサ | コイル |
| 4. | コンデンサ | 抵抗 |
| 5. | 抵抗 | コイル |

【No. 20】 天体の運動と見え方に関する次の記述の㉞、㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「ある日の夕方、西の空に、ちょうど半月の形をした金星が観測され、金星のすぐ近くには月が見えたとする。このとき、月は ㉞ である。また、この日以降、太陽－金星－地球が直線上に並ぶ最初の日は、およそ ㉟ 日後である。

ただし、金星及び地球は同じ公転面を等速円運動しているものとする。また、金星の公転半径は0.7天文単位、金星の公転周期は0.6年とする。」

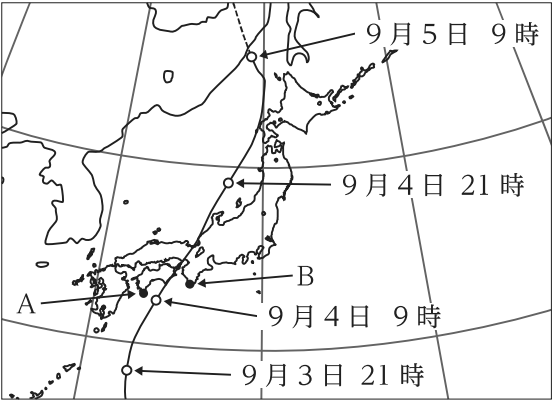
㉞	㉟
1. 三日月の形	70
2. 三日月の形	140
3. 半月の形	70
4. 半月の形	140
5. 半月の形	210

【No. 21】 台風に関する次の記述の㉗、㉘、㉙に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「熱帯低気圧は、南北両半球の緯度 ㉗ 付近の、海面水温の高い海域で発達した積乱雲の集合から発生することが多い。北太平洋西部に存在する熱帯低気圧のうち、10 分間の平均風速の最大が約 17 m/s 以上になったものを、日本では台風と呼ぶ。

台風に伴う風の強さは、一般に中心から 50～100 km のところで最も強く、それより中心に近づくと急に風が弱くなる。この中心部分は台風の日と呼ばれ、弱い ㉘ がある。

図は、ある年の 9 月 4 日に日本に上陸した台風の経路図の一部であり、経路上の○印は、図中に記した日時の台風の中心位置を示す。また、表の I、II は、地点 A 又は B における同日 3 時～18 時の風向・風速[m/s]の観測データを示したものである。I、II のうち、地点 A の観測データは ㉙ である。」



時	I		II	
	風向	風速 [m/s]	風向	風速 [m/s]
3	東南東	6.9	東	7.3
4	東南東	7.2	東	8.0
5	東南東	8.0	東	8.5
6	東南東	8.3	東	7.9
7	東南東	10.0	東	6.2
8	東南東	12.0	南東	4.4
9	東南東	13.3	北西	8.8
10	南東	17.4	西北西	8.2
11	南東	18.2	西	9.6
12	南南東	17.4	西	14.5
13	南	18.0	西	10.9
14	南西	16.4	西	6.4
15	南南西	14.1	西南西	7.2
16	南南西	9.9	南西	5.7
17	南南西	9.8	南西	7.1
18	南南西	8.6	南西	3.6

	㉗	㉘	㉙
1.	0～5 度	上昇気流	I
2.	0～5 度	下降気流	II
3.	5～20 度	上昇気流	I
4.	5～20 度	上昇気流	II
5.	5～20 度	下降気流	II

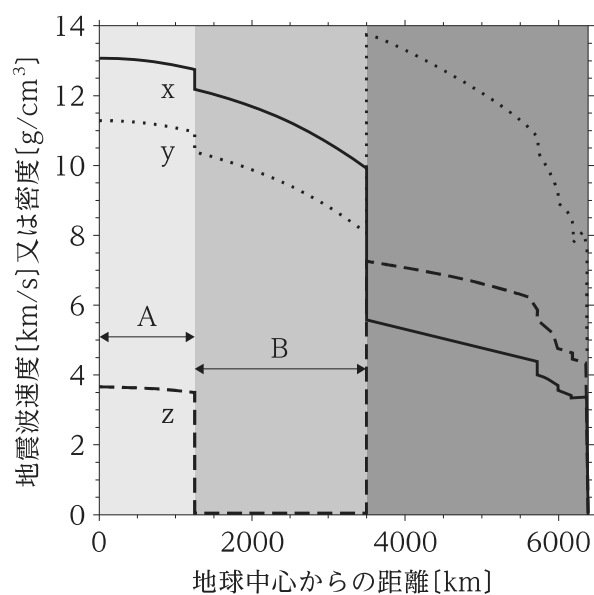
【No. 22】 地震及び津波に関する次の記述㉖～㉙のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉖ 地震の規模はマグニチュードで表される。マグニチュード M が大きいほど、地震により発生されるエネルギー E も大きくなり、その関係は、定数 c を用いて $M = \frac{1}{1.5} \log_{10} E + c$ のように表すことができる。すなわち、マグニチュードが 1 大きくなると、地震のエネルギーは約 32 倍になる。
- ㉗ 地震動の強さを表す指標の一つが震度である。現在震度は計測震度計により観測しており、各地震において、必ず震源に最も近い観測点で最大の震度が観測される。なお、気象庁の震度階級では、震度は 1 ～ 7 の 7 階級に区分されており、2011 年 3 月 11 日の東北地方太平洋沖地震などで震度 7 を観測した。
- ㉘ 地震などに伴い海底地形が急激に変化すると、津波が発生する。津波は水深に比べて十分に波長が短く、このような波の進む速さ V は、水深を h 、重力加速度の大きさを g として $V = \sqrt{gh}$ で表すことができる。水深 4000 m の大洋における津波の速さは約 200 m/s にもなり、東北地方太平洋沖で発生する津波は、約 48 時間後に南アメリカの太平洋岸に到達する。
- ㉙ 津波は、沿岸に近づき水深が浅くなるにつれ、波高が徐々に増大する。特に V 字型の湾の奥では、海水が集中して波高が高くなりやすい。一方、岬の先端のように海岸線や等深線が沖に向かって突き出た部分では、波が分散し、波高は低くなりやすい。

1. ㉖
2. ㉖、㉗、㉙
3. ㉖、㉘、㉙
4. ㉗、㉘
5. ㉙

【No. 23】 地球内部構造に関する次の記述の㉖～㉙に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

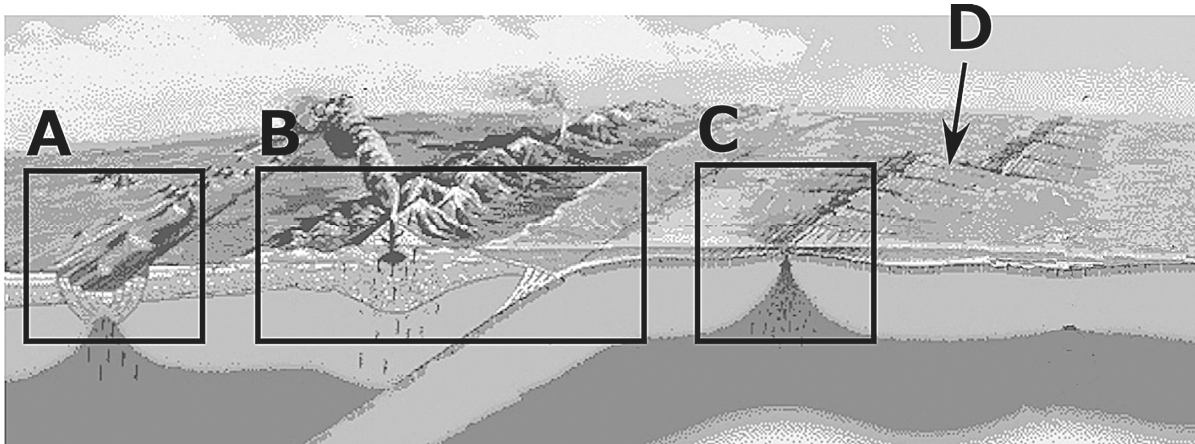
「図は、地球中心からの距離と地震波速度[km/s]又は密度[g/cm³]の関係を示したものである。
 実線(x)は ㉖ を、点線(y)は ㉗ を、破線(z)は ㉘ を表し、㉙ 層は液体と考えられている。」



(注) 地球の標準モデルの一つである PREM(Dziewonski and Anderson, 1981)を基に作図

㉖	㉗	㉘	㉙
1. P 波速度	密度	S 波速度	A
2. P 波速度	密度	S 波速度	B
3. S 波速度	密度	P 波速度	A
4. 密度	P 波速度	S 波速度	B
5. 密度	S 波速度	P 波速度	B

【No. 24】 図は、海洋と大陸の典型的な大地形とその断面の模式図である。図中に示した地域 A～D に関する記述㉖～㉚のうち、妥当なもののみを挙げているのはどれか。



- ㉖ A では、地殻が陥没しマントルに下降流が発生している。
- ㉗ B は、沈み込み帯と呼ばれる領域で、プレートの沈み込みにより火山活動や地震が発生している。
- ㉘ C はプレートの収束境界で、海洋底が隆起して山脈が形成されている。
- ㉙ D の境界では、プレートがすれ違う方向に移動している。

1. ㉖、㉗
2. ㉖、㉘
3. ㉗、㉘
4. ㉗、㉙
5. ㉘、㉙

【No. 25】 海洋熱塩循環に関する次の記述の㉗～㉞に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「海流には、沿岸表層で観測されるような速い流れと、海洋熱塩循環と呼ばれる、一周するのに ㉗ かかる大規模なゆっくりとした流れがある。海洋熱塩循環は、温度が低く塩分が ㉘ 北大西洋北東部と南大西洋南極付近で水塊が沈み込むことにより始まり、そこで生成された深層水はゆっくりとしたスピードで海洋を一周する。一方で、太平洋でそのような水塊の沈み込みが見られないのは、大西洋と比べて流入する河川が ㉙ からだと考えられている。海洋熱塩循環は 擾乱^{じょうらん}に対して不安定なシステムであり、大規模氷床が ㉞ することで循環が減衰あるいは停止した時期もあったと考えられる。」

㉗	㉘	㉙	㉞
1. 約 20 年	低い	多い	発達
2. 約 20 年	低い	少ない	崩壊
3. 約 20 年	高い	多い	崩壊
4. 約 2000 年	低い	少ない	発達
5. 約 2000 年	高い	多い	崩壊

Ⅲ部(No. 26～No. 115)は選択問題です。

これら 90 題のうち、任意の 25 題を選んで解答してください。

解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 26】 n 次対称群 S_n の元 σ に対して、 $\tau \in S_n$ が存在して、 $\sigma = \tau \circ \tau$ と表せるとき、 σ をスクエア置換という。次の㉔～㉞のうち、 S_{13} におけるスクエア置換のみを全て挙げているのはどれか。

ただし、 $\circ$ は置換の合成を表す。すなわち、 $\alpha \circ \beta(x) = \alpha(\beta(x))$ とする。

㉔ $(1, 3, 5, 2, 6) \circ (4, 8, 13, 12) \circ (7, 11, 10, 9)$

㉕ $(1, 7, 2) \circ (3, 13, 4, 5) \circ (6, 12) \circ (9, 8, 11, 10)$

㉖ $(1, 12, 3, 4, 10) \circ (2, 6, 13) \circ (5, 8, 11, 9, 7)$

㉞ $(1, 7) \circ (2, 10, 3) \circ (4, 11) \circ (5, 12, 9, 8) \circ (6, 13)$

1. ㉔、㉕、㉖
2. ㉔、㉖
3. ㉕、㉖、㉞
4. ㉕、㉞
5. ㉞

【No. 27】 $f: X \rightarrow Y$ を集合 X から集合 Y への写像とし、 A, B を X の部分集合、 C, D を Y の部分集合とする。次の㉔、㉕、㉖のうち、常に正しいもののみを全て挙げているのはどれか。

㉔ $f(A) \cap f(B) \subseteq f(A \cap B)$

㉕ $f(f^{-1}(C)) = C \cap f(X)$

㉖ $f^{-1}(C) \cap f^{-1}(D) = f^{-1}(C \cap D)$

1. ㉔、㉕
2. ㉔、㉖
3. ㉕
4. ㉕、㉖
5. ㉖

【No. 28】 $\{n \in \mathbf{Z} \mid 1 \leq n \leq 12\}$ の部分集合のうち、偶数個の元からなるもの全体を $\mathcal{P}$ とする。

$\mathcal{P}$ 上の半順序 $\leq$ を、 $X, Y \in \mathcal{P}$ に対して、

$$X \leq Y \Leftrightarrow X \subseteq Y$$

で定める。このとき、 $\{1, 2, 3, 5\}$ と $\{1, 3, 5, 7\}$ の上界は全部でいくつあるか。

1. 8 個
2. 16 個
3. 32 個
4. 64 個
5. 128 個

【No. 29】 X, Y を位相空間とし、 $f: X \rightarrow Y$ を写像とする。次の命題㉑、㉒、㉓のうち、「 f は連続写像である」と同値なもののみを全て挙げているのはどれか。

㉑ Y の任意の閉集合 F に対して、 $f^{-1}(F)$ は X の閉集合である。

㉒ X の任意の部分集合 A に対して、 $f(\text{Int}(A)) \subseteq \text{Int}(f(A))$ が成り立つ。ただし、 $\text{Int}(A)$ は A の内部を表す。

㉓ X の任意の部分集合 A に対して、 $f(\text{Cl}(A)) \subseteq \text{Cl}(f(A))$ が成り立つ。ただし、 $\text{Cl}(A)$ は A の閉包を表す。

1. ㉑
2. ㉑、㉒
3. ㉑、㉒、㉓
4. ㉑、㉓
5. ㉒、㉓

【No. 30】 3 次対称群 S_3 の正規部分群は全部でいくつあるか。

1. 2 個
2. 3 個
3. 4 個
4. 5 個
5. 6 個

【No. 31】 次の可換環 R とその部分集合 I の組合せのうち、 I が R の極大イデアルとなっているのはどれか。

ただし、 $\mathbf{F}_2$ は有限体 $\mathbf{Z}/2\mathbf{Z}$ 、 X, Y は不定元である。

- | | R | I |
|----|--------------------|---|
| 1. | $\mathbf{Z}$ | $\{p \in R \mid p \text{ は素数} \} \cup \{0\}$ |
| 2. | $\mathbf{R}$ | $\mathbf{Z}$ |
| 3. | $\mathbf{F}_2[X]$ | $\{(X^2 + 1)f(X) \mid f(X) \in R\}$ |
| 4. | $\mathbf{Z}[X]$ | $\{(X^2 + 1)f(X) \mid f(X) \in R\}$ |
| 5. | $\mathbf{Q}[X, Y]$ | $\{(X^2 + 1)f(X, Y) + Yg(X, Y) \mid f(X, Y), g(X, Y) \in R\}$ |

【No. 32】 次の有理数体 $\mathbf{Q}$ の拡大体について考える。これらの中で、 $\mathbf{Q}$ のガロア拡大であるもののうち、 $\mathbf{Q}$ 上の拡大次数が最大であるのはどれか。

ただし、 i は虚数単位とする。

1. $\mathbf{Q}(\sqrt[10]{2})$
2. $\mathbf{Q}\left(\cos\frac{2\pi}{12} + i\sin\frac{2\pi}{12}\right)$
3. $\mathbf{Q}(\sqrt{3}, \sqrt{5})$
4. $\mathbf{Q}\left(\sqrt[3]{2}, \frac{-1 + \sqrt{3}i}{2}\right)$
5. $\mathbf{Q}(\sqrt[4]{2}, i)$

【No. 33】 3次元ユークリッド空間内の弧長 s をパラメータとする C^3 級曲線 $\mathbf{c}: I = [0, \ell] \rightarrow \mathbf{R}^3$

が I 上で $\left\|\frac{d^2\mathbf{c}}{ds^2}(s)\right\| \neq 0$ を満たすとする。 I 上のベクトル関数 $\mathbf{t}(s)$, $\mathbf{n}(s)$, $\mathbf{b}(s)$ を

$$\mathbf{t}(s) = \frac{d\mathbf{c}}{ds}(s), \quad \mathbf{n}(s) = \frac{1}{\left\|\frac{d\mathbf{t}}{ds}(s)\right\|} \frac{d\mathbf{t}}{ds}(s), \quad \mathbf{b}(s) = \mathbf{t}(s) \times \mathbf{n}(s)$$

とし、 I 上の関数 $\kappa(s)$, $\tau(s)$ を

$$\kappa(s) = \left\|\frac{d^2\mathbf{c}}{ds^2}(s)\right\|, \quad \tau(s) = -\left\langle \frac{d\mathbf{b}}{ds}(s), \mathbf{n}(s) \right\rangle$$

とする。このとき、 $\frac{d\mathbf{n}}{ds}(s)$ に等しいのは次のうちどれか。

ただし、 $\langle \cdot, \cdot \rangle$ はユークリッド内積、 $\|\cdot\|$ はユークリッドノルム、 $\times$ は外積を表す。

1. $\kappa(s)\mathbf{t}(s) + \tau(s)\mathbf{b}(s)$
2. $\kappa(s)\mathbf{t}(s) - \tau(s)\mathbf{b}(s)$
3. $-\kappa(s)\mathbf{t}(s) + \tau(s)\mathbf{b}(s)$
4. $-\kappa(s)\mathbf{t}(s) - \tau(s)\mathbf{b}(s)$
5. $-\tau(s)\mathbf{b}(s)$

【No. 34】 幅のない線で書かれた以下の 25 個のひらがなをそれぞれ平面上の図形として考える。
 図形 X の 0 次整係数ホモロジー群の階数を $m(X)$ 、1 次整係数ホモロジー群の階数を $n(X)$ とする
 とき、 $m(X) = n(X)$ を満たす図形 X は全部でいくつ存在するか。

あ	い	う	え	お
か	き	く	け	こ
さ	し	す	せ	そ
た	ち	つ	て	と
な	に	ぬ	ね	の

1. 1 個
2. 2 個
3. 3 個
4. 4 個
5. 存在しない。

【No. 35】 a, b, c, d を $a + b + c + d = 1$ を満たす実数とする。 xy 平面 $\mathbf{R}^2$ 上の C^∞ 級ベクトル場 X, Y を

$$X = y \frac{\partial}{\partial x} - x \frac{\partial}{\partial y}, \quad Y = (ax + by) \frac{\partial}{\partial x} + (cx + dy) \frac{\partial}{\partial y}$$

で定める。 X と Y の交換子積が $[X, Y] = y \frac{\partial}{\partial x} + x \frac{\partial}{\partial y}$ となるような a の値として正しいのはどれか。

ただし、交換子積 $[X, Y]$ は、 $\mathbf{R}^2$ 上の任意の C^∞ 級関数 f への作用として、

$$[X, Y]f = X(Yf) - Y(Xf)$$

で定義される C^∞ 級ベクトル場とする。

1. 0
2. $\frac{1}{2}$
3. 1
4. 2
5. 条件を満たす実数 a は存在しない。

【No. 36】 ベキ級数 $\sum_{n=1}^{\infty} \frac{(n!)^3}{(3n)!} x^{3n}$ の収束半径はいくらか。

1. $\frac{1}{27}$
2. $\frac{1}{3}$
3. 1
4. 3
5. 27

【No. 37】 xy 平面上の曲線 $x^2 + 4y^2 = 1$ 上の関数 $f(x, y) = x^2 + 4xy - 2y^2$ の最大値はいくらか。

1. 1
2. $\frac{5}{4}$
3. $\frac{3}{2}$
4. $\frac{7}{4}$
5. 2

【No. 38】 xy 平面において、媒介変数 t を用いて次式で表される曲線に囲まれる図形の面積はいくらか。

$$\begin{cases} x = 2t^2 \\ y = 2t - t^3 \end{cases}$$

1. 1
2. $\frac{16\sqrt{2}}{15}$
3. 2
4. $\frac{32\sqrt{2}}{15}$
5. $\frac{64\sqrt{2}}{15}$

【No. 39】 複素数平面 $\mathbf{C}$ 内の閉曲線 Γ を、 $\Gamma = \{z \in \mathbf{C} \mid |z - 2i| = \sqrt{6}\}$ (i は虚数単位) とする。このとき、

$$\int_{\Gamma} \frac{1}{z^4 - 2z^3 + 2z^2 - 2z + 1} dz$$

の値はいくらか。

ただし、積分の向きは反時計回りとする。

1. $-\frac{1}{2}\pi i$
2. 0
3. $\frac{1}{2}\pi i$
4. πi
5. $\frac{3}{2}\pi i$

【No. 40】 正の整数 n に対して、 $2^k \leq n < 2^{k+1}$ を満たす 0 以上の整数 k をとり、関数 $f_n : [0, 1] \rightarrow \mathbf{R}$ を

$$f_n(x) = \begin{cases} 1 & \left(x \in \left[\frac{n-2^k}{2^k}, \frac{n-2^k+1}{2^k} \right] \right) \\ 0 & \left(x \notin \left[\frac{n-2^k}{2^k}, \frac{n-2^k+1}{2^k} \right] \right) \end{cases}$$

で定める。このとき、関数列 $\{f_n\}$ の収束に関する次の記述㉠、㉡、㉢のうち、正しいもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉠ $\{f_n\}$ はほとんど至るところで 0 に収束する。すなわち、数列 $\{f_n(x)\}$ が 0 に収束するような $x \in [0, 1]$ 全体の集合のルベーグ測度は 1 である。
- ㉡ $\{f_n\}$ は 0 に測度収束する。すなわち、任意の $\varepsilon > 0$ に対して、 $|f_n(x)| \geq \varepsilon$ を満たす $x \in [0, 1]$ 全体の集合のルベーグ測度は $n \rightarrow \infty$ のとき 0 に収束する。
- ㉢ $\{f_n\}$ は 0 に L^1 収束する。すなわち、ルベーグ積分 $\int_0^1 |f_n(x)| dx$ は $n \rightarrow \infty$ のとき 0 に収束する。

1. ㉠
2. ㉠、㉡
3. ㉠、㉡、㉢
4. ㉡、㉢
5. ㉢

【No. 41】 a, b を正の定数とし、 $(0, \infty) \times (0, \infty)$ 上の関数 $f(t, x), u(t, x)$ を

$$f(t, x) = at^{\frac{1}{2}} + bt^{-\frac{1}{2}} \log_e x, \quad u(t, x) = x \int_0^{f(t, x)} e^{-y^2} dy$$

で定める。関数 $u(t, x)$ が偏微分方程式

$$\frac{\partial u}{\partial t}(t, x) - x^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}(t, x) - 2x \frac{\partial u}{\partial x}(t, x) + 2u(t, x) = 0$$

の解であるとき、定数 a, b の値の組合せとして正しいのはどれか。

- | | a | b |
|----|---------------|---------------|
| 1. | $\frac{1}{2}$ | $\frac{1}{2}$ |
| 2. | $\frac{3}{2}$ | $\frac{1}{2}$ |
| 3. | $\frac{3}{2}$ | $\frac{3}{2}$ |
| 4. | $\frac{5}{2}$ | $\frac{3}{2}$ |
| 5. | $\frac{5}{2}$ | $\frac{5}{2}$ |

【No. 42】 次の性質をもつような正の実数 a 全体の集合として正しいのはどれか。

【性質】 1 変数関数 $x = x(t)$ に対する常微分方程式の初期値問題

$$\begin{cases} x'(t) = |x(t)|^a \\ x(0) = 0 \end{cases}$$

は、ある $\varepsilon > 0$ について、区間 $(-\varepsilon, \varepsilon)$ でただ一つの解をもつ。

1. $(0, 1)$
2. $(0, 1]$
3. $(0, \infty)$
4. $(1, \infty)$
5. $[1, \infty)$

【No. 43】 正の整数 n に対して

$$a_n = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} x \sin nx dx$$

とおく。 N を正の整数とすると、

$$\int_{-\pi}^{\pi} \left(x - \sum_{n=1}^N a_n \sin nx \right)^2 dx$$

と等しいのは次のうちではどれか。

1. $\frac{1}{6}\pi^3 - \pi \sum_{n=1}^N \frac{1}{n^2}$
2. $\frac{1}{3}\pi^3 - 2\pi \sum_{n=1}^N \frac{1}{n^2}$
3. $\frac{1}{2}\pi^3 - 3\pi \sum_{n=1}^N \frac{1}{n^2}$
4. $\frac{2}{3}\pi^3 - 4\pi \sum_{n=1}^N \frac{1}{n^2}$
5. $\frac{5}{6}\pi^3 - 5\pi \sum_{n=1}^N \frac{1}{n^2}$

【No. 44】 xyz 空間において、 $S = \{(x, y, z) \in \mathbf{R}^3 \mid z = 4 - x^2 - y^2, z \geq 0\}$ とする。 S は $\mathbf{n}(0, 0, 4) = (0, 0, 1)$ を満たす外向きの単位法線ベクトル場 $\mathbf{n}$ により向き付けられているとする。 $\mathbf{R}^3 \setminus \{(0, 0, 0)\}$ のベクトル場 $\mathbf{A}$ を

$$\mathbf{A}(x, y, z) = \left(\frac{x}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}, \frac{y}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}}, \frac{z}{(x^2 + y^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} \right)$$

で定める。このとき、面積分 $\iint_S \mathbf{A} \cdot \mathbf{n} dS$ の値はいくらか。

1. $\frac{1}{4}\pi$
2. $\frac{1}{2}\pi$
3. π
4. 2π
5. 4π

【No. 45】 n を正の整数とする。中身の見えない大きな袋に n 個の玉が入っており、このうち 1 個は赤玉で、他は黒玉である。また、袋の外にも予備の赤玉が n 個ある。この袋の中から無作為に 1 個の玉を取り出して色を調べ、黒玉の場合は取り出した黒玉を袋に戻し、赤玉の場合は取り出した赤玉を袋に戻すとともに予備の赤玉 1 個を袋に入れる。この操作を n 回繰り返したとき、赤玉を 2 回以上取り出す確率を p_n とする。 $\lim_{n \rightarrow \infty} p_n$ はいくらか。

1. $1 - 2e^{-1} + e^{-2}$
2. $1 - e^{-1} - e^{-2}$
3. $e^{-1} + e^{-2}$
4. $1 - e^{-1} + e^{-2}$
5. $1 - e^{-1} + 2e^{-2}$

【No. 46】 二つの実数値確率変数 X, Y は独立で、それぞれの確率密度関数が

$$f_X(x) = \begin{cases} 4xe^{-2x} & (x > 0) \\ 0 & (x \leq 0) \end{cases}$$

$$f_Y(y) = \begin{cases} e^{-y} & (y > 0) \\ 0 & (y \leq 0) \end{cases}$$

で与えられるものとする。このとき、 $\min\{X, Y\}$ の期待値はいくらか。

1. $\frac{1}{3}$

2. $\frac{4}{9}$

3. $\frac{5}{9}$

4. $\frac{2}{3}$

5. $\frac{7}{9}$

【No. 47】 確率変数 X_1, X_2, X_3 は独立で、 $k = 1, 2, 3$ に対して確率変数 X_k は区間 $[-k, k]$ 上の一様分布に従うとする。実数 a, b, c に対して $S(a, b, c) = aX_1 + bX_2 + cX_3$ とおくとき、 $a + b + c = 1$ という条件の下で $S(a, b, c)$ の分散が最小になるような (a, b, c) がただ一つ存在する。このときの a の値はいくらか。

1. $\frac{2}{11}$

2. $\frac{6}{11}$

3. $\frac{4}{49}$

4. $\frac{24}{49}$

5. $\frac{36}{49}$

【No. 48】 $\alpha > 0$ に対して、確率密度関数 $p_\alpha(x)$ を

$$p_\alpha(x) = \begin{cases} \alpha x^{-(\alpha+1)} & (x \geq 1) \\ 0 & (x < 1) \end{cases}$$

によって定義し、

$$H(\alpha) = \int_1^\infty p_\alpha(x) \log_e \frac{1}{p_\alpha(x)} dx$$

とする。 $H(n) < 0$ となる正の整数 n のうち、最小のものはどれか。

なお、必要ならば、次の不等式を用いてよい。

$$x > 1 \text{ のとき } 2(x-1) \left(\frac{1}{3+x} + \frac{1}{1+3x} \right) < \log_e x < \frac{x^2-1}{2x}$$

1. 2
2. 3
3. 4
4. 5
5. 6

【No. 49】 データ x_1, x_2, x_3, x_4, x_5 ($x_1 < x_2 < x_3 < x_4 < x_5$) が得られたとする。

パラメータ $\theta = (\mu, \lambda)$ ($\lambda > 0$) をもつ確率密度関数 $p_\theta(x) = \frac{\lambda}{2} e^{-\lambda|x-\mu|}$ を考え、最尤推定法 $\max_{\theta} \sum_{i=1}^5 \log_e p_\theta(x_i)$ によってパラメータを推定する。最尤推定量 $(\hat{\mu}, \hat{\lambda})$ の組合せとして正しいのはどれか。

$$1. \quad \begin{array}{cc} \hat{\mu} & \hat{\lambda} \\ x_3 & \frac{\sum_{i=1}^5 |x_i - \hat{\mu}|}{5} \end{array}$$

$$2. \quad \begin{array}{cc} & \hat{\lambda} \\ x_3 & \frac{5}{\sum_{i=1}^5 |x_i - \hat{\mu}|} \end{array}$$

$$3. \quad \begin{array}{cc} & \hat{\lambda} \\ \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 |x_i| & \frac{5}{\sum_{i=1}^5 |x_i - \hat{\mu}|} \end{array}$$

$$4. \quad \begin{array}{cc} & \hat{\lambda} \\ \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 x_i & \frac{\sum_{i=1}^5 |x_i - \hat{\mu}|}{5} \end{array}$$

$$5. \quad \begin{array}{cc} & \hat{\lambda} \\ \frac{1}{5} \sum_{i=1}^5 x_i & \frac{5}{\sum_{i=1}^5 |x_i - \hat{\mu}|} \end{array}$$

【No. 50】 3進数、8進数、16進数で表現された値が全て等しいものの組合せとして正しいのはどれか。

	3進数	8進数	16進数
1.	1121202	2235	49B
2.	1201200	2400	500
3.	1210122	2441	521
4.	2000211	2720	5C8
5.	2011120	3073	A1A

【No. 51】 $U_X = \{-1, 0, 1\}$ 上に値をとる確率変数 X の確率分布が $P(X = x) = \frac{1}{3}$ ($x \in U_X$) で与えられるとする。また、確率変数 Y, Z を $Y = \sin \frac{\pi}{2} X$, $Z = \cos \pi X$ で定義する。 U_Y, U_Z をそれぞれ Y, Z の定義域とするとき、 X, Y, Z のエントロピー

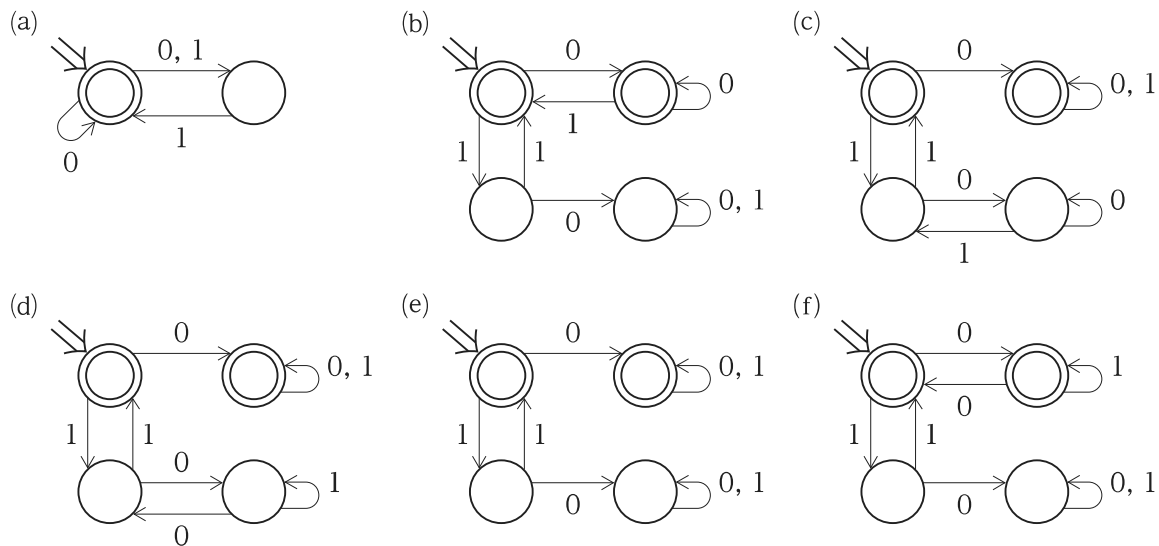
$$\begin{aligned} & \cdot H(X) = - \sum_{x \in U_X} P(X = x) \log_2 P(X = x) \\ & \cdot H(Y) = - \sum_{y \in U_Y} P(Y = y) \log_2 P(Y = y) \\ & \cdot H(Z) = - \sum_{z \in U_Z} P(Z = z) \log_2 P(Z = z) \end{aligned}$$

の大小関係として正しいのはどれか。

1. $H(X) = H(Y) < H(Z)$
2. $H(Y) < H(X) < H(Z)$
3. $H(Y) < H(Z) < H(X)$
4. $H(Z) < H(X) = H(Y)$
5. $H(Z) < H(X) < H(Y)$

【No. 52】 図(a)で示される非決定性有限オートマトンと等価な決定性有限オートマトンは次のうちではどれか。

ただし、初期状態を⇒、受理状態を◎で表すとする。



1. (b)
2. (c)
3. (d)
4. (e)
5. (f)

【No. 53】 記号 $\neg$, $\rightarrow$ はそれぞれ否定、含意を表す論理記号とし、 X , Y は命題記号とする。次の論理式のうち、トートロジー(恒真式)であるものはどれか。

1. $((X \rightarrow Y) \rightarrow Y) \rightarrow X$
2. $\neg X \rightarrow (\neg Y \rightarrow X)$
3. $X \rightarrow (Y \rightarrow (Y \rightarrow X))$
4. $(\neg(X \rightarrow Y)) \rightarrow \neg X$
5. $(X \rightarrow Y) \rightarrow (Y \rightarrow X)$

【No. 54】 誤り訂正符号の一つであるハミング符号に関する記述㉔、㉕、㉖のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉔ (7, 4)ハミング符号は組織符号であり、必ず符号語の先頭に情報ビットが並ぶ。
- ㉕ (7, 4)ハミング符号では、符号語 7 ビットのうち 1 ビットの誤りが生じた場合に、これを検出し訂正することができる。(15, 11)ハミング符号では、符号語 15 ビットのうち高々 2 ビットの誤りが生じた場合に、これを検出し訂正することができる。
- ㉖ パリティ検査行列が次式で与えられる(15, 11)ハミング符号において、受信語が(111000000000001)であるとき、送信した符号語は(110000000000001)であったと推定される。

$$H = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

1. ㉔
2. ㉔、㉕
3. ㉕
4. ㉕、㉖
5. ㉖

【No. 55】 C 言語で記述された次のプログラムを実行したときに表示される値に最も近い値は次のうちではどれか。

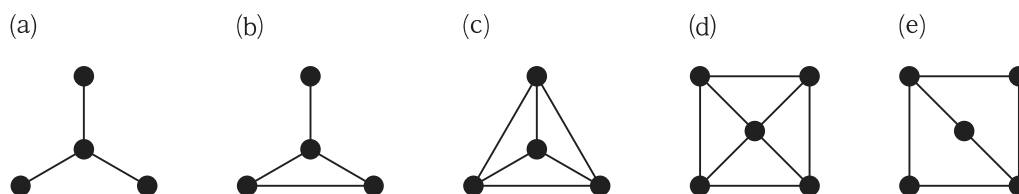
```
#include<stdio.h>
int main(void){
    int i, T = 1000000;
    double x1, x2, a;
    a = 0;
    for(i = 0; i < T; i++){
        x1 = (double)i/T;
        x2 = (double)(i+1)/T;
        a = a + (1.0/(1+x1*x1) + 1.0/(1+x2*x2))/(double)T/2.0;
    }
    printf("%f\n", a);
    return 0;
}
```

1. 0.523
2. 0.785
3. 1.047
4. 1.570
5. 3.141

【No. 56】 1000 以下の正の自然数で、かつ、2, 3, 5, 7 のいずれとも互いに素である数は全部でいくつあるか。

1. 228 個
2. 256 個
3. 275 個
4. 294 個
5. 299 個

【No. 57】 グラフ G の隣接するどの二つの頂点も同じ色にならないように、各頂点に k 個の色の一つを割り当てることが可能であるとき、 G は k -彩色可能であるという。 k -彩色可能であるが $(k-1)$ -彩色可能でないとき、 G の彩色数は k であるという。次に示すグラフ(a)~(e)のうち、彩色数が3であるもののみを全て挙げているのはどれか。



1. (a), (b), (c)
2. (a), (b), (c), (d)
3. (a), (d), (e)
4. (b), (d)
5. (b), (e)

【No. 58】 頂点集合を V 、枝集合を E とする無向グラフ $G = (V, E)$ に対して、 G から E の部分集合 E' の全ての辺を除去して得られるグラフを $G - E'$ と書く。 G から V の部分集合 V' の全ての頂点とそれらに接続する全ての辺を除去して得られるグラフを $G - V'$ で表す。 G の点連結度 $\kappa(G)$ と辺連結度 $\lambda(G)$ はそれぞれ次の式で定義される。

$$\kappa(G) = \min \{n | n = |V'|, V' \subset V, G - V' \text{ が非連結又は自明グラフ}\}$$

$$\lambda(G) = \min \{n | n = |E'|, E' \subset E, G - E' \text{ が非連結又は自明グラフ}\}$$

G の任意の頂点 $v \in V$ に対して、 v と接続している辺の数を v の次数と呼び、 $\deg(v)$ で表す。

$\min_{v \in V} \{\deg(v)\}$ を G の最小次数と呼び、 $\delta(G)$ と記す。頂点の個数が 2 以上である任意のグラフに対して成り立つ不等式として正しいのはどれか。

ただし、 G は連結かつ自明でないグラフであるとする。

1. $\kappa(G) = \lambda(G) \leq \delta(G)$
2. $\kappa(G) \leq \lambda(G) \leq \delta(G)$
3. $\delta(G) = \lambda(G) \leq \kappa(G)$
4. $\delta(G) \leq \lambda(G) = \kappa(G)$
5. $\delta(G) \leq \lambda(G) \leq \kappa(G)$

【No. 59】 連立一次方程式
$$\begin{cases} 2x + y = -2 \\ -x + 5y + 2z = 1 \\ y - 3z = -3 \end{cases}$$
 をガウス・ザイデル法で解く。方程式を上から順に用いて x, y, z の順に更新するときの漸化式を
$$\begin{pmatrix} x_{k+1} \\ y_{k+1} \\ z_{k+1} \end{pmatrix} = A \begin{pmatrix} x_k \\ y_k \\ z_k \end{pmatrix} + \boldsymbol{b}$$
 で表すとき、行列 A とベクトル $\boldsymbol{b}$ の組合せとして正しいのはどれか。

1.
$$A = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{1}{2} & 0 \\ \frac{1}{5} & 0 & -\frac{2}{5} \\ 0 & \frac{1}{3} & 0 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{b} = \begin{pmatrix} -1 \\ \frac{1}{5} \\ 1 \end{pmatrix}$$

2.
$$A = \begin{pmatrix} 2 & 1 & 0 \\ -1 & 5 & 2 \\ 0 & 1 & -3 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{b} = \begin{pmatrix} -2 \\ 1 \\ -3 \end{pmatrix}$$

3.
$$A = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{1}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{10} & -\frac{2}{5} \\ 0 & -\frac{1}{30} & -\frac{2}{15} \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{b} = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

4.
$$A = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 1 & \frac{4}{11} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{b} = \begin{pmatrix} -1 \\ 0 \\ \frac{33}{37} \end{pmatrix}$$

5.
$$A = \begin{pmatrix} 0 & -\frac{1}{2} & 0 \\ 0 & 0 & -\frac{1}{10} \\ 0 & 0 & \frac{1}{15} \end{pmatrix} \quad \boldsymbol{b} = \begin{pmatrix} -1 \\ 1 \\ \frac{7}{5} \end{pmatrix}$$

【No. 60】 二つの量 x, y を実験によって測定したところ、5組のデータ (x_i, y_i) ($i = 1, 2, 3, 4, 5$) が表のとおり得られた。 x, y の関係を $y = ax + b$ で近似したとき最小二乗法によって a, b を求める場合の a の値はいくらか。

i	x_i	y_i
1	20	9
2	30	11
3	40	15
4	50	20
5	60	23

1. 0.17
2. 0.27
3. 0.37
4. 0.47
5. 0.57

【No. 61】 袋 A に赤玉が二つ、袋 B に白玉が三つ入っている。それぞれの袋から一つずつ玉を取り出し、その二つの玉を交換して袋へ戻す。この操作を多数回繰り返した後に袋 A に赤玉が一つもない確率として最も妥当なのはどれか。

1. $\frac{2}{9}$
2. $\frac{3}{10}$
3. $\frac{1}{3}$
4. $\frac{12}{25}$
5. $\frac{2}{3}$

【No. 62】 次の非線形計画問題の最適解における目的関数の値はいくらか。

$$\begin{array}{ll}\text{minimize} & 2x_1^2 - x_1x_2 + x_2^2 - 2x_1 - \frac{9}{2}x_2 \\ \text{subject to} & 2x_1 + x_2 \leq 3, \quad x_1 \geq 0\end{array}$$

1. $-\frac{107}{14}$
2. $-\frac{13}{2}$
3. -5
4. $-\frac{9}{2}$
5. -2

【No. 63】 ある 24 時間営業の出張所にはサービス事務を行う窓口が一つしかなく、他の客がサービスを受けている場合は、後から来た客は順番に並んで待つ。1 人の職員が全てのサービスを行う。1 時間当たりの平均来客数は 9 人でポアソン到着を仮定し、平均サービス時間は客 1 人につき平均 5 分で指数分布に従っているとする。定常状態において、サービスを待っている客の待ち行列の平均人数 L_q [人] と、客が出張所に到着してから自分の番が来るまでの平均待ち時間 W_q [分] の値の組合せとして正しいのはどれか。

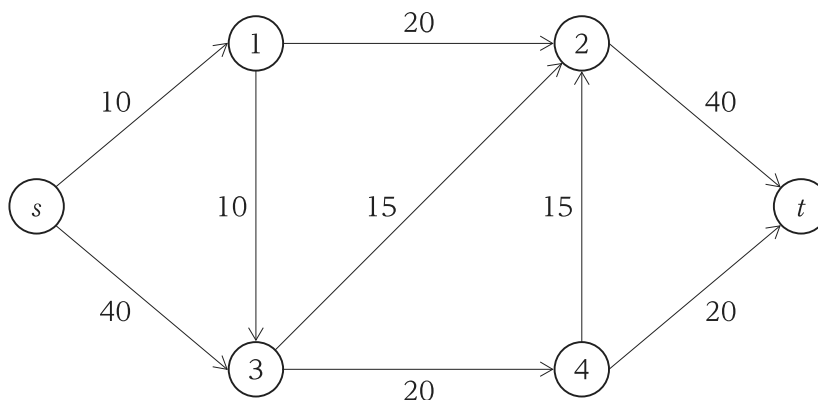
- | | L_q | W_q |
|----|-------|-------|
| 1. | 2 | 20 |
| 2. | 2.25 | 15 |
| 3. | 2.25 | 20 |
| 4. | 3 | 15 |
| 5. | 3 | 20 |

【No. 64】 一つの袋と価値と重さが表のように与えられている6種類の荷物A～Fが一つずつある。袋に詰め込める荷物の重さの合計の上限を5 kg とするとき、詰め込む荷物の価値[円]の合計の最大値はいくらか。

荷物	A	B	C	D	E	F
価値[円]	120	300	150	200	350	250
重さ[kg]	1	3	1	2	4	2

1. 500
2. 550
3. 570
4. 600
5. 650

【No. 65】 図のように、頂点集合 $V = \{s, 1, 2, 3, 4, t\}$ と枝集合 $E \subset V \times V$ をもつ有向ネットワーク $G = (V, E)$ があり、各枝 $(i, j) \in E$ には単位時間当たりの流量の最大容量が設定されている。このとき、単位時間当たりに頂点 s から頂点 t に流すことが可能な最大流量はいくらか。



1. 40
2. 45
3. 50
4. 55
5. 60

【No. 66】 区間 $[-\pi, \pi]$ において、関数 $f(x) = \left| \sin \frac{x}{2} \right|$ をフーリエ余弦級数に展開すると

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cos nx$$

となる。このとき、フーリエ係数 $a_n (n = 0, 1, 2, \dots)$ として正しいのはどれか。

1. $-\frac{8n}{\pi(4n^2 - 1)}$

2. $-\frac{4}{\pi(4n^2 - 1)}$

3. $-\frac{8n}{\pi(4n^2 + 1)}$

4. $-\frac{4}{\pi(4n^2 + 1)}$

5. $-\frac{4}{\pi(2n^2 + 1)}$

【No. 67】 質量 M の惑星を中心として半径 r の等速円運動をしている質量 m の人工衛星 P がある。
P を加速させて無限遠まで飛ばすために加えるべき最小のエネルギーとして最も妥当なのはどれか。

ただし、惑星の自転及び公転の影響、他の天体の影響は無視できるものとし、惑星の密度は一様であるものとする。また、万有引力定数を G とする。

なお、万有引力による位置エネルギー U は、質量 m_1 の惑星と質量 m_2 の物体が距離 R だけ離れているとき、

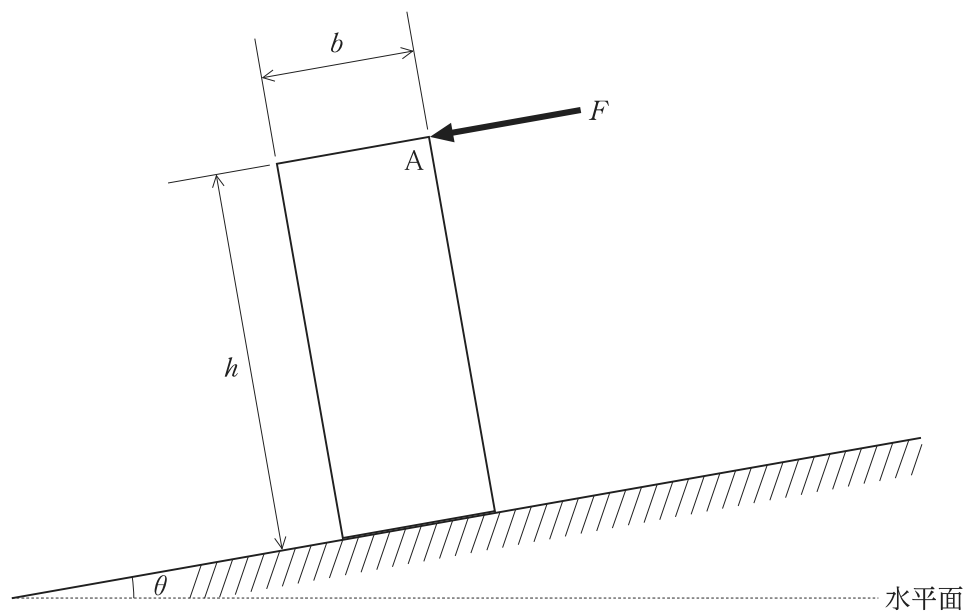
$$U = -\frac{Gm_1m_2}{R}$$

である。

1. $\frac{GMm}{2r}$
2. $\frac{GMm}{r}$
3. $\frac{3GMm}{2r}$
4. $\frac{2GMm}{r}$
5. $\frac{3GMm}{r}$

【No. 68】 図のように、水平面と角 θ の傾きをなす粗い斜面上に、幅 b 、高さ h 、質量 m の一様な直方体が静止している。この直方体の点 A に斜面と平行に大きさ F の力を静かに作用させるとき、直方体を倒すために F が満たすべき条件として最も妥当なのはどれか。

ただし、重力加速度の大きさを g とし、直方体は斜面上を滑らないものとする。

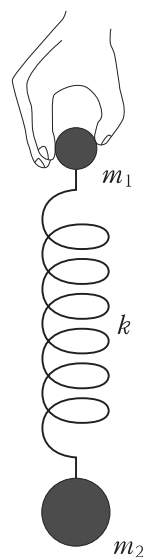


1. $F > \frac{(h \cos \theta - b \sin \theta) mg}{4h}$
2. $F > \frac{(b \cos \theta - h \sin \theta) mg}{2h}$
3. $F > \frac{(h \cos \theta - b \sin \theta) mg}{2h}$
4. $F > \frac{(b \cos \theta - h \sin \theta) mg}{h}$
5. $F > \frac{(h \cos \theta - b \sin \theta) mg}{h}$

【No. 69】 質量 m_1 の小球 1 と質量 m_2 の小球 2 をばね定数 k のばねの両端にそれぞれ固定し、小球 1 を手で持ち上げて図のように静止させた。この状態で小球 1 から静かに手を離したところ、二つの小球は相対的に単振動しながら落下した。この単振動の振幅と周期の組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、重力加速度の大きさを g とし、ばねの質量及び空気抵抗は無視できるとする。

- | | 振幅 | 周期 |
|----|-------------------|---|
| 1. | $\frac{m_1 g}{k}$ | $2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}}$ |
| 2. | $\frac{m_1 g}{k}$ | $2\pi\sqrt{\frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)k}}$ |
| 3. | $\frac{m_2 g}{k}$ | $2\pi\sqrt{\frac{m_1}{k}}$ |
| 4. | $\frac{m_2 g}{k}$ | $2\pi\sqrt{\frac{m_2}{k}}$ |
| 5. | $\frac{m_2 g}{k}$ | $2\pi\sqrt{\frac{m_1 m_2}{(m_1 + m_2)k}}$ |



【No. 70】 ハミルトンの正準運動方程式に関する次の記述の㉞、㉟、㊱に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「質量が m_1 と m_2 の二つの粒子が位置 $\mathbf{r}_1$ と $\mathbf{r}_2$ にあり、ポテンシャル $V(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$ の中で運動している系を考える。粒子 i ($i = 1, 2$) の運動量を $\mathbf{p}_i$ とすると、ハミルトニアン H は ㉞ であり、それをもとにハミルトンの正準運動方程式 ㉟、㊱ を組み合わせると、ニュートンの運動方程式を求めることができる。」

	㉞	㉟	㊱
1.	$H = \frac{\mathbf{p}_1^2}{2m_1} + \frac{\mathbf{p}_2^2}{2m_2} + V(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$	$\frac{d\mathbf{r}_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial \mathbf{p}_i}$	$\frac{d\mathbf{p}_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \mathbf{r}_i}$
2.	$H = \frac{\mathbf{p}_1^2}{2m_1} + \frac{\mathbf{p}_2^2}{2m_2} + V(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$	$\frac{d\mathbf{r}_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \mathbf{p}_i}$	$\frac{d\mathbf{p}_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial \mathbf{r}_i}$
3.	$H = \frac{\mathbf{p}_1^2}{2m_1} + \frac{\mathbf{p}_2^2}{2m_2} - V(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$	$\frac{d\mathbf{r}_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial \mathbf{p}_i}$	$\frac{d\mathbf{p}_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \mathbf{r}_i}$
4.	$H = \frac{\mathbf{p}_1^2}{2m_1} + \frac{\mathbf{p}_2^2}{2m_2} - V(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$	$\frac{d\mathbf{r}_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \mathbf{p}_i}$	$\frac{d\mathbf{p}_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial \mathbf{r}_i}$
5.	$H = -\frac{\mathbf{p}_1^2}{2m_1} - \frac{\mathbf{p}_2^2}{2m_2} - V(\mathbf{r}_1, \mathbf{r}_2)$	$\frac{d\mathbf{r}_i}{dt} = -\frac{\partial H}{\partial \mathbf{p}_i}$	$\frac{d\mathbf{p}_i}{dt} = \frac{\partial H}{\partial \mathbf{r}_i}$

【No. 71】 原点からの距離を r として、中心力ポテンシャル $U(r)$ 中を運動する粒子の角運動量は時間によらず一定である。質量 m の粒子の回転軸に垂直な平面内の運動を表すラグランジアンは、角運動量の大きさ $l = mr^2\omega$ (ω は角速度)を用いて

$$L = \frac{m}{2}\dot{r}^2 - U(r) - \frac{l^2}{2mr^2}$$

のように与えられる。 $U(r) = kr^4$ に対して粒子が半径一定の円運動をするとき、その半径と周期の組合せとして最も妥当なのはどれか。

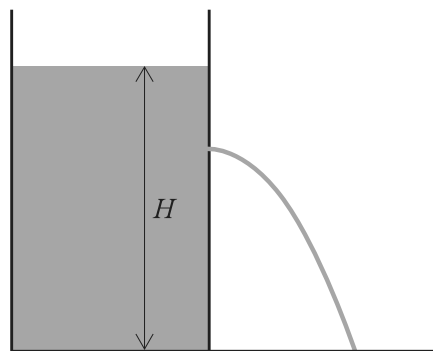
ただし、 $\dot{r}$ は r の時間微分を表し、 k は正の定数である。

- | 半径 | 周期 |
|---|--|
| 1. $\left(\frac{l^2}{2km}\right)^{\frac{1}{4}}$ | $2\pi\left(\frac{m}{2k}\right)^{\frac{1}{2}}$ |
| 2. $\left(\frac{l^2}{2km}\right)^{\frac{1}{4}}$ | $2\pi\left(\frac{m^2}{4kl}\right)^{\frac{1}{3}}$ |
| 3. $\left(\frac{l^2}{4km}\right)^{\frac{1}{6}}$ | $2\pi\left(\frac{m}{2k}\right)^{\frac{1}{2}}$ |
| 4. $\left(\frac{l^2}{4km}\right)^{\frac{1}{6}}$ | $2\pi\left(\frac{m^2}{4kl}\right)^{\frac{1}{3}}$ |
| 5. $\left(\frac{l^2}{4km}\right)^{\frac{1}{6}}$ | $2\pi\left(\frac{m^2}{4kl}\right)^{\frac{1}{5}}$ |

【No. 72】 図に示すように、円柱状の容器に地面から高さ H の位置まで水を入れ、側面に小さな孔を開けた。このとき、噴出した水の水平到達距離を最大にする孔の地面からの高さと、その水平到達距離の組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、水は非圧縮非粘性流体とし、孔は容器の底面積に比べて十分小さく、その噴出速度はトリチェリの定理に従うとする。また、水は孔から水平方向に噴出し、抵抗のない落下運動をすると仮定してよい。

- | | 高さ | 到達距離 |
|----|----------------|---------------|
| 1. | $\frac{H}{4}$ | $\frac{H}{2}$ |
| 2. | $\frac{H}{2}$ | $\frac{H}{2}$ |
| 3. | $\frac{H}{2}$ | H |
| 4. | $\frac{3H}{4}$ | $\frac{H}{2}$ |
| 5. | $\frac{3H}{4}$ | H |



【No. 73】 単原子分子からなる理想気体 1 mol 当たりの内部エネルギーを、体積 V とエントロピー S の関数で表した式として最も妥当なのはどれか。

ただし、気体定数を R とし、この理想気体は、体積 V_0 でエントロピー S_0 のとき、内部エネルギー U_0 をもつとする。

1. $U_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^{\frac{2}{5}} \exp \left\{ \frac{2}{5R} (S - S_0) \right\}$

2. $U_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^{-\frac{2}{5}} \exp \left\{ \frac{2}{5R} (S - S_0) \right\}$

3. $U_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^{\frac{2}{3}} \exp \left\{ \frac{2}{5R} (S - S_0) \right\}$

4. $U_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^{\frac{2}{3}} \exp \left\{ \frac{2}{3R} (S - S_0) \right\}$

5. $U_0 \left(\frac{V}{V_0} \right)^{-\frac{2}{3}} \exp \left\{ \frac{2}{3R} (S - S_0) \right\}$

【No. 74】 物質の異なる 2 相 A, B が圧力 p 、温度 T で平衡状態にあるとき、2 相の化学ポテンシャル (1 mol 当たりのギブスの自由エネルギー) μ は等しい。このことから導かれる関係式として最も妥当なのはどれか。

ただし、 V_A , V_B 及び S_A , S_B は各相の 1 mol 当たりの体積及びエントロピーである。

1. $\frac{dp}{dT} = \frac{S_A - S_B}{V_A - V_B}$

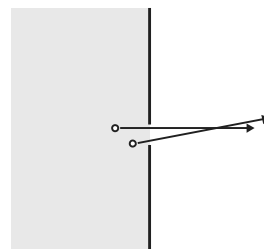
2. $\frac{dp}{dT} = \frac{S_A + S_B}{V_A + V_B}$

3. $\frac{dp}{dT} = \left(\frac{S_A - S_B}{V_A - V_B} \right)^2 \frac{T}{p}$

4. $\frac{d\mu}{dT} = S_A + S_B + \frac{p}{T}(V_A + V_B)$

5. $\frac{d\mu}{dT} = S_A - S_B + \frac{p}{T}(V_A - V_B)$

【No. 75】 質量 m の単原子分子からなる理想気体が十分大きな容器の中にあり、数密度 n 、温度 T に保たれている。図のように、容器に面積 S の小さな孔を開けたとき、単位時間に孔から噴出する分子数として最も妥当なのはどれか。



ただし、孔は容器の大きさや分子の平均自由行程よりも十分小さく、容器の外は真空とする。速度 $\boldsymbol{v}$ の分子の分布は、規格化されたマクスウェル速度分布則

$$f(\boldsymbol{v}) = \left(\frac{m}{2\pi k_B T} \right)^{\frac{3}{2}} \exp \left[-\frac{m\boldsymbol{v}^2}{2k_B T} \right]$$

に従う。 k_B はボルツマン定数である。

なお、必要ならば、 $a > 0$ に対して成り立つ次の積分公式を用いてよい。

$$\int_0^\infty \exp(-ax^2) dx = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\pi}{a}}$$

$$\int_0^\infty x \exp(-ax^2) dx = \frac{1}{2a}$$

$$\int_0^\infty x^2 \exp(-ax^2) dx = \frac{1}{4a} \sqrt{\frac{\pi}{a}}$$

1. $Sn \sqrt{\frac{k_B T}{2\pi m}}$
2. $Sn \sqrt{\frac{k_B T}{\pi m}}$
3. $Sn \sqrt{\frac{k_B T}{2m}}$
4. $\frac{Sn}{2} \sqrt{\frac{k_B T}{m}}$
5. $\frac{Sn}{2} \sqrt{\frac{\pi k_B T}{m}}$

【No. 76】 時刻 t 、座標 x における弦の変位を $u(t, x)$ とすると、弦の振動を表す波動方程式は

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - v^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = 0$$

で与えられる。ここで、 v は弦の振動が伝搬する速さである。弦の両端は、 $x = 0$ と $x = L$ で $u(t, 0) = u(t, L) = 0$ となるように固定されており、また、時刻 $t = 0$ で $\frac{\partial u}{\partial t}(0, x) = 0$ とする。このとき $u(t, x)$ の一般解として最も妥当なのはどれか。

ただし、 C_n は任意の定数である。

1. $\sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin\left(\frac{\pi n}{L}x\right) \cos\left(\frac{\pi n v}{L}t\right)$
2. $\sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin\left(\frac{\pi n}{L}x\right) \cos\left(\frac{2\pi n v}{L}t\right)$
3. $\sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin\left(\frac{\pi n}{L}x\right) \cos\left(\frac{4\pi n v}{L}t\right)$
4. $\sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin\left(\frac{2\pi n}{L}x\right) \cos\left(\frac{\pi n v}{L}t\right)$
5. $\sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin\left(\frac{2\pi n}{L}x\right) \cos\left(\frac{2\pi n v}{L}t\right)$

【No. 77】 磁界中を運動するコイルに関する次の記述の㉞、㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図 I のように、 xy 平面上には 1 辺の長さが a の正方形コイル ABCD が置かれている。また、 $a < x < 3a$ の領域には、紙面の裏から表に向かう磁束密度の大きさ B の一様な磁界がある。いま、この正方形コイルを、辺 AB が $x = 0$ の位置から $x = 4a$ の位置まで、 x 軸の正の向きに時刻 $t = 0$ から一定の速さ v で平行移動させたとき、コイルに生じる誘導起電力 V の時間変化を定性的に表したグラフは図 II の ㉞ となり、コイルが磁界から受ける力 f の時間変化を定性的に表したグラフは図 II の ㉟ となる。

ただし、 V は ABCD の向きに電流を流す向きを正とし、 f は x 軸の正の向きを正とする。」

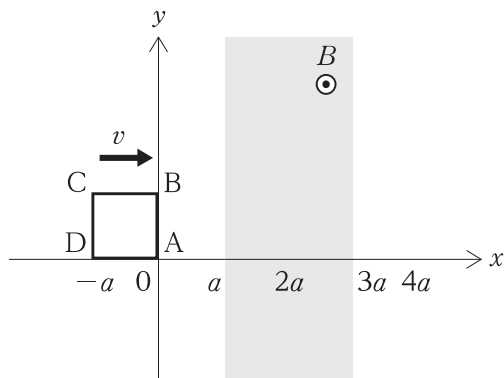


図 I

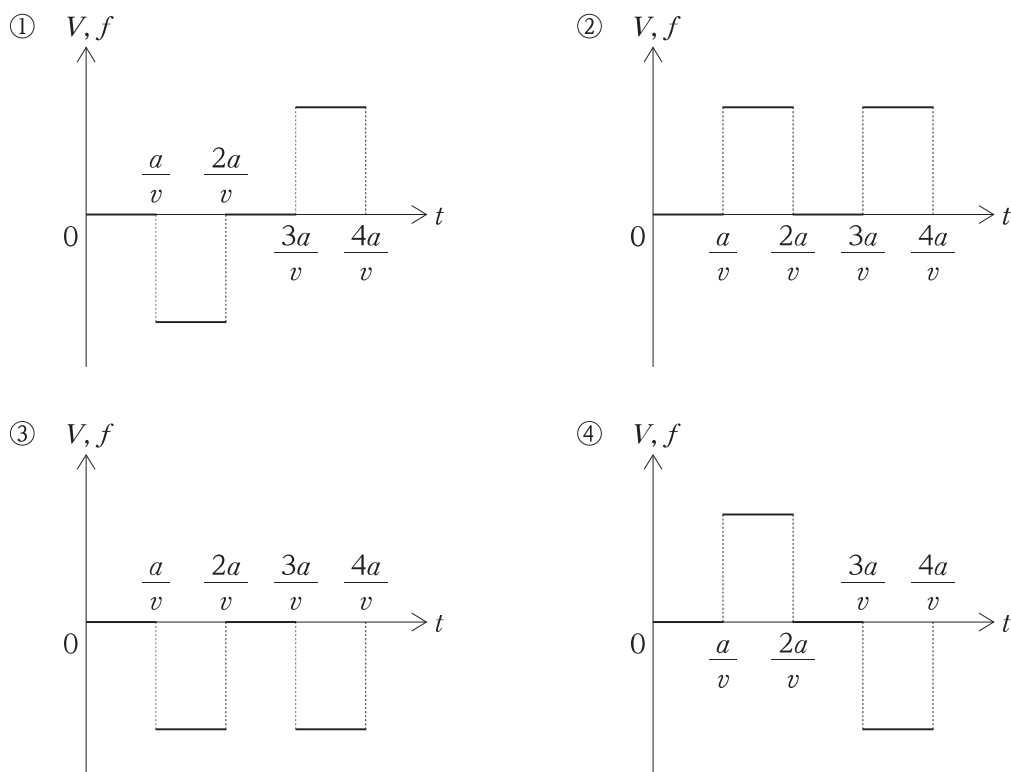


図 II

- | | | |
|----|---|---|
| | ㉞ | ㉟ |
| 1. | ① | ① |
| 2. | ① | ③ |
| 3. | ② | ② |
| 4. | ④ | ② |
| 5. | ④ | ④ |

【No. 78】 慣性系 S の直交座標を (x, y, z) とし、慣性系 S' の直交座標を (x', y', z') とする。慣性系 S' の原点は、慣性系 S において x 軸の正の向きに速さ v で等速直線運動をしている。慣性系 S において、電場は存在せず z 軸の向きに一様な磁場がかかっているとき、慣性系 S' における電場 $\boldsymbol{E}'$ と磁束密度 $\boldsymbol{B}'$ はそれぞれ

$$\boldsymbol{E}' = (0, E', 0), \quad \boldsymbol{B}' = (0, 0, B')$$

となる。 E' と B' の関係として最も妥当なのはどれか。

ただし、光速を c とし、ある時刻において S と S' の座標軸は一致する。

1. $E' = vB'$

2. $E' = -vB'$

3. $E' = \frac{v}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} B'$

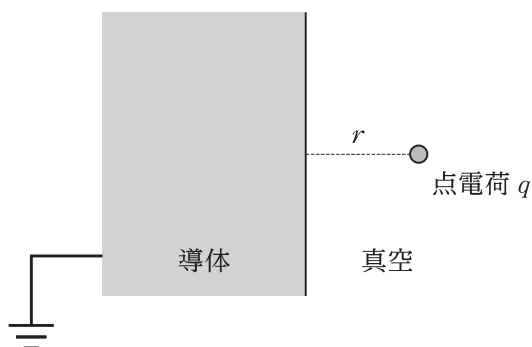
4. $E' = -\frac{v}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} B'$

5. $E' = -v\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2} B'$

【No. 79】 導体表面に誘起される電荷に関する次の記述の㉗、㉘、㉙に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図のように、接地されている半無限の大きさの導体が真空中にあり、その表面から距離 r の位置に点電荷が置かれている。その点電荷の電荷を q とする。このときの電場は、導体表面に ㉗ であり、その静電ポテンシャルは導体表面上で一定になるように、導体表面上に電荷が誘起される。したがって、点電荷は導体から ㉘ を受ける。その力の大きさは ㉙ である。

ただし、真空の誘電率を ε_0 とする。」



㉗	㉘	㉙
1. 垂直	引力	$\frac{q^2}{16\pi\varepsilon_0 r^2}$
2. 垂直	引力	$\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$
3. 垂直	斥力	$\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$
4. 平行	引力	$\frac{q^2}{16\pi\varepsilon_0 r^2}$
5. 平行	斥力	$\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2}$

【No. 80】 間隔 d の 2 枚の無限に大きい平行板電極の間に電位差 V を与え、極板に平行に一樣な磁場をかける。陰極板から飛び出した電子が陽極板に到達しないための磁束密度の大きさ B の条件として最も妥当なのはどれか。

ただし、陰極板を飛び出す電子の初速度は 0 としてよい。また、電子の質量を m 、電荷を $-e$ ($e > 0$) とする。

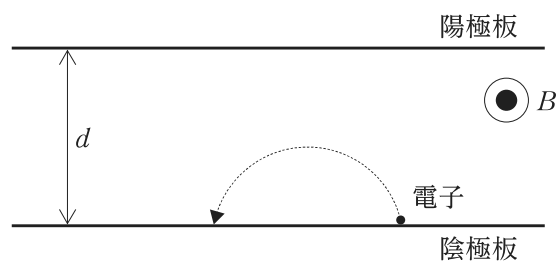
1. $B > \frac{1}{d} \sqrt{\frac{mV}{2e}}$

2. $B > \frac{1}{d} \sqrt{\frac{mV}{e}}$

3. $B > \frac{1}{d} \sqrt{\frac{2mV}{e}}$

4. $B > \frac{2}{d} \sqrt{\frac{mV}{e}}$

5. $B > \frac{2}{d} \sqrt{\frac{2mV}{e}}$



【No. 81】 原子モデルに関する次の記述の㉗、㉘、㉙に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「㉗ は、原子の中心にそのほとんどの質量をもつ極めて小さな原子核が存在し、その周りを電子が周回するという原子モデルを提唱したが、古典電磁気学では、その電子軌道の安定性を説明できなかった。一方、水素原子からの発光スペクトルがとびとびの輝線となっており、その輝線の光の波長 λ は、定数 R と正の整数 n, m を用いてリュードベリの式 ㉘ で書けることが知られていた。そこで、㉙ は、電子軌道が離散的なエネルギー値しかとらないという原子モデルを提唱した。それは、ド・ブロイが提唱した電子の波動性から、電子が定在波状態になって安定していると理解された。」

㉗	㉘	㉙
1. 長岡半太郎	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$	ラザフォード
2. 長岡半太郎	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$	プランク
3. 長岡半太郎	$\frac{1}{\lambda} = R(n^2 - m^2)$	プランク
4. ラザフォード	$\frac{1}{\lambda} = R \left(\frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$	ボーア
5. ラザフォード	$\frac{1}{\lambda} = R(n^2 - m^2)$	ボーア

【No. 82】 球面調和関数を $Y_l^m(\theta, \phi)$ とする。 l は軌道角運動量量子数(方位量子数)、 m は磁気量子数であり、角度 (θ, ϕ) の範囲は $0 \leq \theta < \pi$, $0 \leq \phi < 2\pi$ である。 $Y_l^{-l}(\theta, \phi)$ の表式として最も妥当なのはどれか。

ただし、 i は虚数単位であり、 C は定数とする。なお、角運動量演算子の昇降演算子 $\hat{L}_{\pm}$ 及び z 成分 $\hat{L}_z$ は、角度変数を用いて

$$\hat{L}_+ = \hbar e^{i\phi} \left(\frac{\partial}{\partial \theta} + i \frac{\cos \theta}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} \right), \quad \hat{L}_- = -\hbar e^{-i\phi} \left(\frac{\partial}{\partial \theta} - i \frac{\cos \theta}{\sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi} \right), \quad \hat{L}_z = -i\hbar \frac{\partial}{\partial \phi}$$

と表される。

1. C
2. $C(\sin \theta)^l e^{il\phi}$
3. $C(\sin \theta)^l e^{-il\phi}$
4. $C(\sin \theta)^{2l} e^{il\phi}$
5. $C(\sin \theta)^{2l} e^{-il\phi}$

【No. 83】 角運動量演算子の各成分を $\hat{L}_x$, $\hat{L}_y$, $\hat{L}_z$ とするとき、交換子 $[\hat{L}_z, \hat{L}_x^2 - \hat{L}_y^2]$ の表式として最も妥当なのはどれか。

ただし、 i は虚数単位である。

1. 0
2. $2i\hbar \hat{L}_z^2$
3. $2i\hbar (2\hat{L}_z^2 - \hat{L}_x^2 - \hat{L}_y^2)$
4. $2i\hbar (\hat{L}_x^2 - \hat{L}_y^2)$
5. $2i\hbar (\hat{L}_x \hat{L}_y + \hat{L}_y \hat{L}_x)$

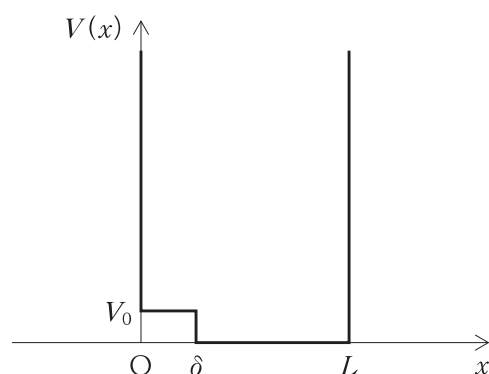
【No. 84】 図のように、1次元の無限に深い井戸型ポテンシャルが

$$V(x) = \begin{cases} V_0 & (0 \leq x \leq \delta) \\ 0 & (\delta < x \leq L) \\ \infty & (x < 0, x > L) \end{cases}$$

で与えられている。このポテンシャル中に閉じ込められた質量 m の粒子のエネルギー固有値として最も妥当なのはどれか。

ただし、 δ は L より十分小さく、 V_0 は正の一定値であるとして、 $V(x)$ のうち $V_0 (0 \leq x \leq \delta)$ の寄与を1次の摂動で扱ってよい。必要ならば、 $V_0 = 0$ の無摂動系の規格化された固有関数 $\sqrt{\frac{2}{L}} \sin\left(\frac{n\pi x}{L}\right)$ と、エネルギー固有値 $\frac{\hbar^2 \pi^2}{2mL^2} n^2 (n = 1, 2, 3, \dots)$ を用いてよい。

1. $\left(\frac{\hbar^2}{2mL^2} + \frac{1}{3} V_0 \frac{\delta}{L}\right) \pi^2 n^2$
2. $\left(\frac{\hbar^2}{2mL^2} + \frac{2}{3} V_0 \frac{\delta}{L}\right) \pi^2 n^2$
3. $\left(\frac{\hbar^2}{2mL^2} + \frac{1}{3} V_0 \frac{\delta^2}{L^2}\right) \pi^2 n^2$
4. $\left(\frac{\hbar^2}{2mL^2} + \frac{1}{3} V_0 \frac{\delta^3}{L^3}\right) \pi^2 n^2$
5. $\left(\frac{\hbar^2}{2mL^2} + \frac{2}{3} V_0 \frac{\delta^3}{L^3}\right) \pi^2 n^2$



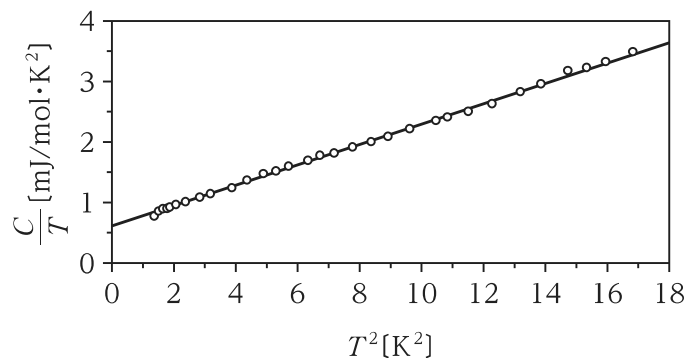
【No. 85】 1次元のポテンシャルが、

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (x \leq 0) \\ V_0 & (x > 0) \end{cases}$$

で与えられている。 $V_0 = -8 \text{ eV}$ のポテンシャルに、エネルギー 0.1 eV の電子が $x < 0$ から x 軸の正の向きに入射するとき、電子の反射率として最も妥当なのはどれか。

1. 0.25
2. 0.36
3. 0.49
4. 0.64
5. 0.81

【No. 86】 図は、銀結晶の低温領域でのモル比熱 C の温度 T 依存性を測定し、その測定結果を、 T^2 を横軸に、 $\frac{C}{T}$ を縦軸にとってプロットしたものである。この測定結果の説明として最も妥当なのはどれか。



1. C は T の 3 乗に比例して T の上昇とともに増加する。これは、低温では電子の励起が比熱にほとんど寄与せず、格子振動が主に寄与するためである。
2. C は T の 3 乗に比例して T の上昇とともに増加する。これは、低温では格子振動は比熱にほとんど寄与せず、電子の励起が主に寄与するためである。
3. C は T の 3 乗に比例する項と T に比例する項により T の上昇とともに増加する。前者は電子の励起のためであり、後者は格子振動のためである。
4. C は T の 3 乗に比例する項と T に比例する項により T の上昇とともに増加する。前者は格子振動のためであり、後者は電子の励起のためである。
5. C は絶対零度においても有限の値をもつ。これは、絶対零度ではフェルミ縮退しているので電子励起は比熱に寄与しないが、格子振動の零点振動が寄与するためである。

【No. 87】 不純物半導体の電気伝導率に関する次の記述の㉖～㉙に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「バンドギャップの大きさが E_G の半導体の中に、活性化エネルギー E_D のドナー不純物を入れた n 型半導体の電気伝導率 σ を考える。十分高温では、㉖ から伝導バンドへのキャリア励起が支配的になるので、 σ の温度依存性は ㉗ となる。一方、十分低温では、㉘ から伝導バンドへのキャリア励起が支配的になるので、 σ の温度依存性は ㉙ となる。よって、全温度領域にわたる σ の温度依存性の概略図は ㉚ となる。

ただし、 T は温度、 k_B はボルツマン定数である。」

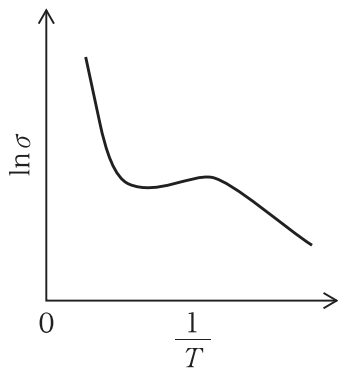


図 A

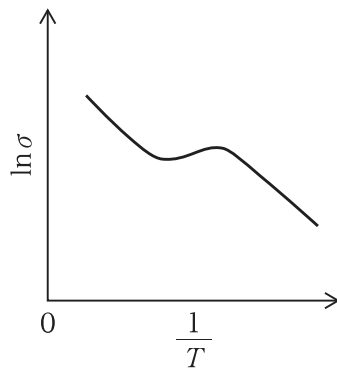


図 B

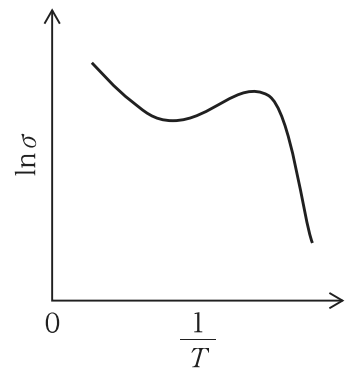


図 C

	㉖	㉗	㉘	㉙
1. 価電子バンド	$e^{-\frac{E_G}{2k_B T}}$	ドナー準位	$e^{-\frac{E_D}{2k_B T}}$	図 A
2. 価電子バンド	$e^{-\frac{E_G}{2k_B T}}$	ドナー準位	$e^{-\frac{E_D}{2k_B T}}$	図 B
3. 価電子バンド	$e^{-\frac{E_G}{2k_B T}}$	ドナー準位	$e^{-\frac{E_D}{2k_B T}}$	図 C
4. ドナー準位	$e^{-\frac{E_D}{2k_B T}}$	価電子バンド	$e^{-\frac{E_G}{2k_B T}}$	図 A
5. ドナー準位	$e^{-\frac{E_D}{2k_B T}}$	価電子バンド	$e^{-\frac{E_G}{2k_B T}}$	図 C

【No. 88】 格子定数 a の 1 次元結晶中の波数 k の電子状態の分散関係が、飛び移り積分 t を用いて

$$\epsilon(k) = -2t \cos ka$$

のように与えられるとき、状態密度が最大となるエネルギーのみを全て挙げているのはどれか。

1. $-\frac{1}{2}t, \frac{1}{2}t$
2. $-t, t$
3. $-2t, 2t$
4. $-t, -\frac{1}{2}t, \frac{1}{2}t, t$
5. $-2t, -t, t, 2t$

【No. 89】 酸素原子の基底状態の電子配置として最も妥当なのはどれか。

1. $(1s)^2(2s)^2(2p)^4$
2. $(1s)^2(2s)^3(2p)^3$
3. $(1s)^2(2s)^4(2p)^2$
4. $(1s)^2(2s)^2(2p)^2(3s)^2$
5. $(1s)^2(2s)^2(2p)^3(3s)^1$

【No. 90】 ある地点で、地面からの高度 20 m における風速を観測したところ、7.0 m/s であった。
同地点の地面からの高度 10 m における風速として最も妥当なのはどれか。

ただし、これらの高度は大気安定度が中立な接地境界層内にあるとし、地面からの高度を z として風速 u が次式に従うものとする。

$$\frac{du}{dz} = \frac{u_*}{\kappa z}$$

ここで、カルマン定数 κ は 0.40 とし、摩擦速度 u_* は接地境界層内で一定値 0.60 m/s とする。
また、 $\ln 2 = 0.69$ とする。

1. 3.5 m/s
2. 4.1 m/s
3. 4.8 m/s
4. 6.0 m/s
5. 8.0 m/s

【No. 91】 海洋の塩分輸送を計算する空間 1 次元モデルを考え、位置 x における塩分を $S(x)$ で表す(図中破線)。

いま、 $x = -3\Delta x$, $-\Delta x$, Δx の 3 点のみで塩分が既知であり、 $x = 0$ を通る塩分フラックスを計算するために同位置の塩分 $S(0)$ を推定したい。図の実線のように、既知の 3 点を通る二次関数 $\tilde{S}(x)$ により近傍の塩分分布を近似することになると、 $S(0)$ は

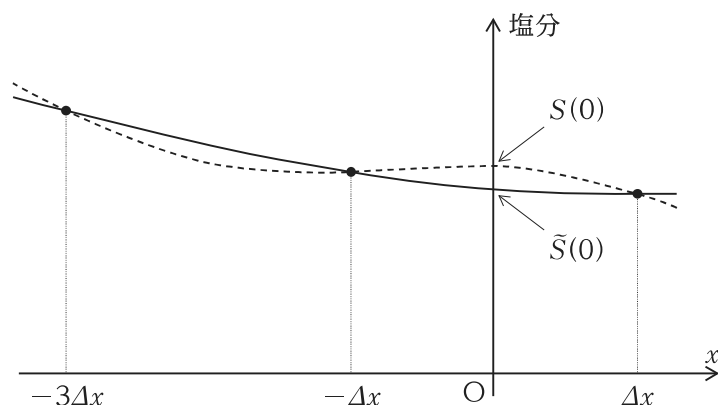
$$\tilde{S}(0) = \frac{-S(-3\Delta x) + 6S(-\Delta x) + 3S(\Delta x)}{8}$$

と近似できる。ここで、 $\sim$ (チルダ)は近似値を表す。

$S(x)$ が十分滑らかな関数であり、 Δx が十分小さい正の値であると仮定したとき、この近似の誤差 $\tilde{S}(0) - S(0)$ の値として最も妥当なのはどれか。

ただし、 $x = 0$ の近傍で $S(x)$ をテイラー展開し、 Δx の 3 次の項まで残して評価するものとする。
なお、 $x = 0$ の近傍におけるテイラー展開の公式は以下のとおりである。

$$S(x) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{x^n}{n!} \frac{d^n S}{dx^n} \Big|_{x=0}$$



1. $-\frac{\Delta x^3}{2} \frac{d^3 S}{dx^3} \Big|_{x=0}$
2. $-\frac{\Delta x^3}{3} \frac{d^3 S}{dx^3} \Big|_{x=0}$
3. $\frac{\Delta x^3}{3} \frac{d^3 S}{dx^3} \Big|_{x=0}$
4. $\frac{\Delta x^3}{2} \frac{d^3 S}{dx^3} \Big|_{x=0}$
5. $\Delta x^3 \frac{d^3 S}{dx^3} \Big|_{x=0}$

【No. 92】 水平風ベクトル $\mathbf{V}$ と気温 T の間に次のような温度風の関係が成り立っているとする。

$$\frac{\partial \mathbf{V}}{\partial p} = -\frac{R}{f p} (\mathbf{k} \times \nabla T)$$

ここで、 p は気圧、 R は気体定数、 f はコリオリパラメータ、 $\mathbf{k}$ は鉛直上向きの単位ベクトル、 $\times$ は右手系での外積、 ∇ は気圧を一定にした水平微分を表す。

二つの気圧面 $p = p_B$, $p = p_T$ ($p_B > p_T$) に挟まれた薄い大気の間を考えると、それぞれの気圧面における水平風ベクトルを $\mathbf{V}_B$, $\mathbf{V}_T$ で表す。 $\mathbf{V}_B$ と $\mathbf{V}_T$ のなす角を θ とし、高度が上がるにつれて風ベクトルが時計回りに変化するとき θ が正の値をとるように定義する(すなわち、 $\mathbf{k} \cdot (\mathbf{V}_T \times \mathbf{V}_B) = |\mathbf{V}_T| |\mathbf{V}_B| \sin \theta$)。このとき、この層の下端付近における、水平移流による気温の時間変化率 $-\mathbf{V}_B \cdot \nabla T$ として最も妥当なのはどれか。

ただし、この層の中では ∇T が一定であるとする。なお、必要ならば、以下の公式を用いてよい。

$$\text{任意のスカラー場 } S \text{ に対して } \mathbf{k} \times (\mathbf{k} \times \nabla S) = -\nabla S$$

$$\text{任意のベクトル } \mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C} \text{ に対して } \mathbf{A} \cdot (\mathbf{B} \times \mathbf{C}) = \mathbf{B} \cdot (\mathbf{C} \times \mathbf{A}) = \mathbf{C} \cdot (\mathbf{A} \times \mathbf{B})$$

$$\text{特に、} \mathbf{A} \cdot (\mathbf{B} \times \mathbf{A}) = \mathbf{B} \cdot (\mathbf{A} \times \mathbf{A}) = 0 \text{ である。}$$

1. $-\frac{2f}{R \ln(p_B/p_T)} |\mathbf{V}_T| |\mathbf{V}_B| \sin \theta$
2. $-\frac{f}{R \ln(p_B/p_T)} |\mathbf{V}_T| |\mathbf{V}_B| \sin \theta$
3. $\frac{f}{R \ln(p_B/p_T)} |\mathbf{V}_T| |\mathbf{V}_B| \sin \theta$
4. $\frac{2f}{R \ln(p_B/p_T)} |\mathbf{V}_T| |\mathbf{V}_B| \sin \theta$
5. $\frac{4f}{R \ln(p_B/p_T)} |\mathbf{V}_T| |\mathbf{V}_B| \sin \theta$

【No. 93】 乾湿計は、乾球と湿球の温度差を利用して湿度を測定する装置である。いま、湿球表面において周囲の空気から受け取る顕熱と蒸発により失われる潜熱が釣り合い

$$C_p(T - T_w)pM_d = L(e_s - e)M_v$$

が成り立っているとする。ここで、 C_p は乾燥空気の定圧比熱、 T は周囲の気温(=乾球温度)、 T_w は湿球温度、 p は気圧、 M_d は乾燥大気の実平均分子量、 L は水の蒸発熱、 e_s は T_w における飽和水蒸気圧、 e は周囲の水蒸気分圧、 M_v は水の分子量であり、水蒸気の変化による顕熱の変化は無視している。 $p = 1000 \text{ hPa}$ の場所で $T = 26.0^\circ\text{C}$ 、 $T_w = 20.0^\circ\text{C}$ と計測されたとき、この周囲の相対湿度として最も妥当なのはどれか。

ただし、飽和水蒸気圧等の値は以下のとおりとする。

26.0℃における飽和水蒸気圧 33.7 hPa

20.0℃における飽和水蒸気圧 23.4 hPa

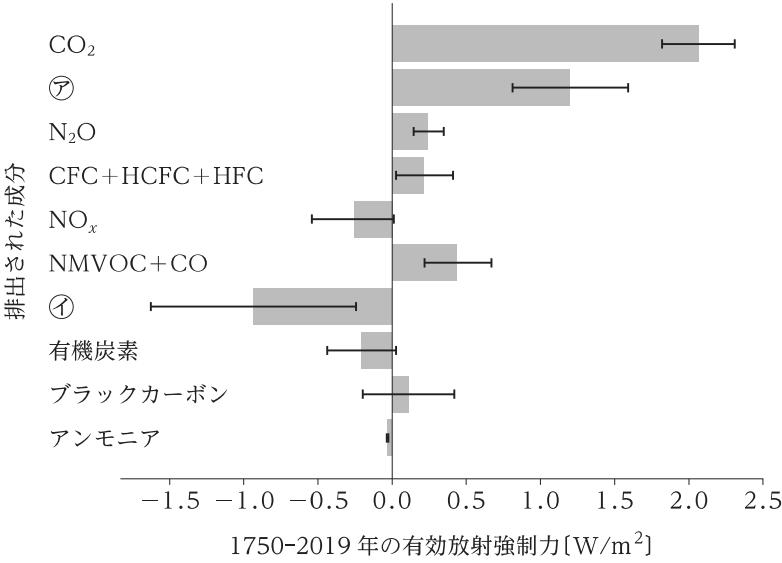
$$C_p = 1.0 \times 10^3 \text{ J/(kg}\cdot\text{K)}, L = 2.5 \times 10^6 \text{ J/kg}, \frac{M_d}{M_v} = 1.6$$

1. 33 %
2. 49 %
3. 58 %
4. 69 %
5. 83 %

【No. 94】 地球温暖化に関する次の記述の㉗～㉜に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図は、人為的に大気へ排出された成分のそれぞれについて、1750 年から 2019 年における有効放射強制力に対する直接的及び間接的な寄与の合計を気候モデルに基づいて見積もり、最良推定値及び 90 % 信頼区間を棒グラフ及びエラーバーで示したものである。これら成分のうち、二酸化炭素(CO₂)に次いで人為的排出が温暖化に寄与したと考えられるのは ㉗ である。一方、人為的排出が温暖化の抑制に最も強く働いたと考えられる成分は ㉙ である。㉙ の冷却効果の大部分は、㉘ から生じたエアロゾルが凝結核となり雲の放射特性を変える間接効果であると考えられている。

雲は太陽からの放射を反射して地表を冷やす働きと、宇宙へ放出される赤外放射量を減らして地表を温める働きを併せもっているため、雲の正味の効果はこれら二つの働きの兼ね合いで決まる。一般に、上層の薄い氷晶雲は地表を ㉕ 効果が卓越し、下層雲や中層雲は地表を ㉜ 効果が卓越する。」

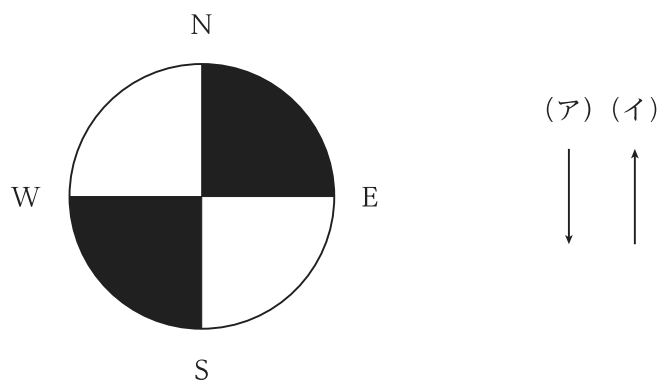


(注)IPCC 第 6 次評価報告書(IPCC, 2021)を基に作図。CFC：クロロフルオロカーボン、HCFC：ハイドロクロロフルオロカーボン、HFC：ハイドロフルオロカーボン、NMVOC：非メタン揮発性有機化合物。

㉗	㉙	㉕	㉜
1. 二酸化硫黄(SO ₂)	メタン(CH ₄)	温める	冷やす
2. 水(H ₂ O)	メタン(CH ₄)	冷やす	温める
3. 水(H ₂ O)	二酸化硫黄(SO ₂)	温める	冷やす
4. メタン(CH ₄)	二酸化硫黄(SO ₂)	冷やす	温める
5. メタン(CH ₄)	二酸化硫黄(SO ₂)	温める	冷やす

【No. 95】 ある地震が図のような震源メカニズム解であった。このとき、震央の東側(紙面の右側)の方向に放射される P 波と S 波による地盤の最初のゆれの方向(運動方向)に関する記述の組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、このメカニズム解は下半球投影で、震央を中心として描かれているとする。また、地盤は一様であるとし、地表面の影響は考えなくてよいとする。



P 波	S 波
1. 上向き(押し)	図中(ア)の方向
2. 上向き(押し)	観測されない
3. 下向き(引き)	図中(イ)の方向
4. 観測されない	図中(ア)の方向
5. 観測されない	図中(イ)の方向

【No. 96】 自転をしていない一様な密度をもつ半径 R の球状の天体を考える。この天体の表面と、高度 $h(> 0)$ の 2 点で重力を計測した。高度 h での重力加速度の大きさは、この天体の表面での重力加速度の大きさの 99.98 % であった。 h と R の関係として最も妥当なのはどれか。

1. $h : R = 1 : 10^2$
2. $h : R = 1 : 10^3$
3. $h : R = 1 : 10^4$
4. $h : R = 1 : 10^5$
5. $h : R = 1 : 10^6$

【No. 97】 時刻 t における地表 ($z = 0$) の温度 $T(0, t)$ が、平均温度を T_s として、

$$T(0, t) = T_s + T_0 \cos\left(2\pi \frac{t}{t_0}\right)$$

のように周期 t_0 、振幅 T_0 の正弦振動をするとき、温度変化の振幅が $\frac{1}{e}$ となる深さ $z(> 0)$ として最も妥当なのはどれか。

ただし、地盤は一様な熱拡散率 $\kappa(> 0)$ の半無限媒質とし、温度分布 $T(z, t)$ は 1 次元拡散方程式

$$\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial z^2}$$

に従うものとする。

1. $\frac{\kappa t_0}{\pi}$
2. $\frac{\pi}{\kappa t_0}$
3. $\sqrt{\frac{\kappa t_0}{\pi}}$
4. $\sqrt{\frac{\pi}{\kappa t_0}}$
5. $\sqrt{\frac{\kappa t_0}{2\pi}}$

【No. 98】 地球磁場のポテンシャルが、次のような地球の中心に置かれた双極子型のポテンシャル V で表されたとする。

$$V = \frac{m \cos \theta}{4\pi r^2}$$

ここで、地球は球であるとし、 θ は磁北からの余緯度 ($\frac{\pi}{2}$ から、磁北を北極点とみなしたときの緯度を引いたもの)、 r は地球の中心からの距離、 m は磁気モーメントである。地表での全磁力を考えると、赤道における全磁力に対する北極における全磁力の比として最も妥当なのはどれか。

なお、極座標系 (r, θ, ϕ) における勾配演算子 ∇ は

$$\nabla = \mathbf{e}_r \frac{\partial}{\partial r} + \mathbf{e}_\theta \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} + \mathbf{e}_\phi \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial}{\partial \phi}$$

で表される。ここで、 $(\mathbf{e}_r, \mathbf{e}_\theta, \mathbf{e}_\phi)$ は極座標系の基底ベクトルを表す。

1. 1
2. 2
3. 3
4. 4
5. 5

【No. 99】 球状圧力源に関する次の記述の㉞、㉟に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「地下にある球状圧力源によって生じる地表での鉛直方向と動径方向の変位は

$$u_z(r) = \frac{(1 - \nu)a^3\Delta p}{\mu} \frac{d}{(r^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$u_r(r) = \frac{(1 - \nu)a^3\Delta p}{\mu} \frac{r}{(r^2 + d^2)^{\frac{3}{2}}}$$

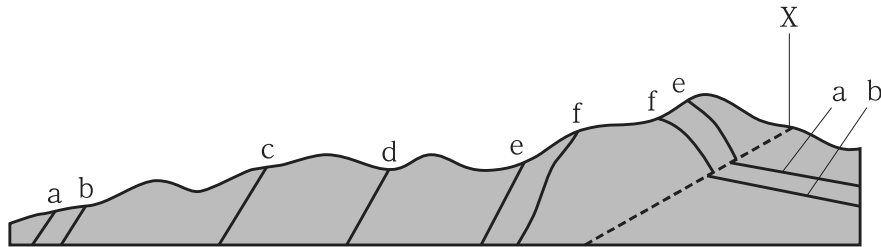
と表される。ここで、 u_z 、 u_r はそれぞれ変位の鉛直成分、動径成分、 d 、 a 、 Δp はそれぞれ球状圧力源の中心の深さ、半径、過剰圧、 r は球状圧力源から観測点までの水平距離、 ν 、 μ はそれぞれ媒質のポアソン比、剛性率である。

変位の鉛直成分は、球状圧力源直上で最大であり、 $r \sim 0.77d$ で球状圧力源直上の変位の鉛直成分の ㉞ になる。動径成分の大きさは $r \sim 0.71d$ で ㉟ となる。これらを用いることにより、観測データから球状圧力源の深さを大まかに推測することができる。」

- | | ㉞ | ㉟ |
|------------------|---|----|
| 1. $\frac{1}{4}$ | | 最大 |
| 2. $\frac{1}{3}$ | | 最大 |
| 3. $\frac{1}{3}$ | | 最小 |
| 4. $\frac{1}{2}$ | | 最大 |
| 5. $\frac{1}{2}$ | | 最小 |

【No. 100】 図は、X 地点の露頭において観察された断層(破線で示す)の走向と直交する方向に切った地質断面図である。X 地点の断層では条線も観察され、条線はこの地質断面とほぼ平行であった。また、この地域は全て堆積岩からなり、X 地点の断層の走向とほぼ同じ走向を示す a~f の 6 種類の凝灰岩層(実線で示す)が分布している。c 層と d 層の間の地層の堆積構造から、d 層よりも c 層の方が上位であることが分かっている。この地域の地質構造に関する記述㉑~㉕のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉑ X 地点を通る断層は正断層である。
- ㉒ X 地点を通る断層のタイプは衝上断層とも呼ばれる。
- ㉓ 二つの f 層の間に背斜の軸がある。
- ㉔ 与えられた情報からだけでは応力の方向を絞り込むことはできない。



- 1. ㉑
- 2. ㉑、㉒
- 3. ㉒、㉓
- 4. ㉒、㉔
- 5. ㉓、㉔

【No. 101】 大陸と海洋底の歴史の証拠に関する記述㉖～㉙のうち、妥当なもののみを挙げているのはどれか。

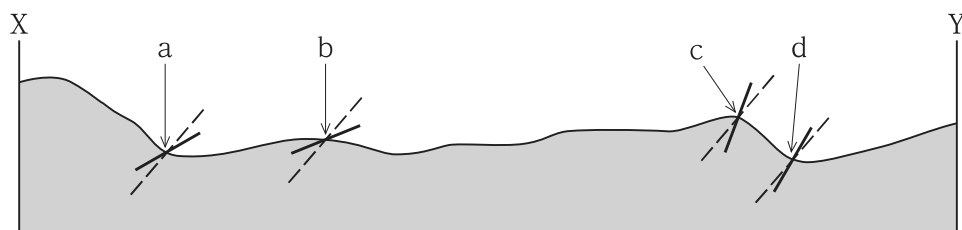
- ㉖ 大陸移動の証拠の一つに、岩石残留磁気の伏角の変化が挙げられる。
- ㉗ プレートテクトニクスが受け入れられた後に、1980年代になって VLBI(超長基線電波干渉計)などの測地データを基に海洋底拡大説が提案された。
- ㉘ 付加体は、過去の沈み込み帯の痕跡である。
- ㉙ 大陸衝突帯には、衝突により形成された広域変成帯が分布し、変成岩と同時期に形成された大規模な火成岩体が伴われている。

1. ㉖、㉗
2. ㉖、㉘
3. ㉗、㉘
4. ㉗、㉙
5. ㉘、㉙

【No. 102】 岩石の面構造に関する次の記述の㉖～㉙に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「粘板岩でよく見られるスレート^{へき}劈開は主に、粘土鉱物などの微細な葉片状の鉱物粒子が最大圧縮応力に対し ㉖ 方向に定向配列することで形成される。スレート劈開が ㉗ 劈開として形成された場合、それは ㉘ に対しほぼ ㉙ 姿勢をなすため、地質構造や地層の上下を判定することができる。

ある場所に粘板岩が広く分布するとして、図にその走向方向に対して垂直となる断面 X-Y を示す。地点 a～d の太実線と破線はそれぞれ、粘板岩に挟有される砂岩薄層の層理と粘板岩のスレート劈開の傾斜方向と角度を表している。この図のスレート劈開は ㉗ 劈開であるので、X-Y 間の粘板岩からなる地層が示す地質構造は ㉙ であると判断される。」



- | ㉖ | ㉗ | ㉘ | ㉙ |
|--------|----|-----|------|
| 1. 垂直な | 軸面 | 平行な | 傾斜褶曲 |
| 2. 垂直な | 軸面 | 垂直な | 単斜構造 |
| 3. 垂直な | 層面 | 平行な | 単斜構造 |
| 4. 平行な | 軸面 | 垂直な | 傾斜褶曲 |
| 5. 平行な | 層面 | 平行な | 単斜構造 |

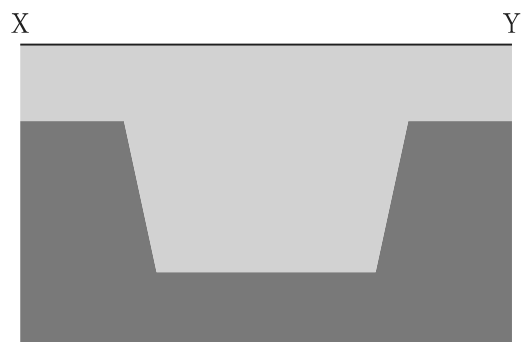
【No. 103】 重力異常と地下構造に関する次の記述の㉞、㉟、㊱に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「ジオイド面と測定点の間にある物質の重力の影響を取り除く重力補正を、㉞ 補正という。

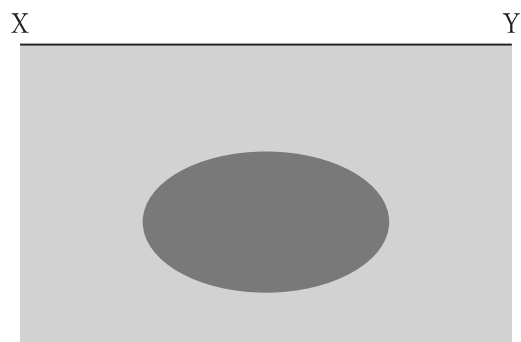
I、IIのような地下構造断面図の場合には、地表面上のX-Yに沿ってそれぞれ㉟、

㊱のようなパターンの㉞異常が観測される。」

I. 火山灰(淡色部分)に覆われたカルデラ

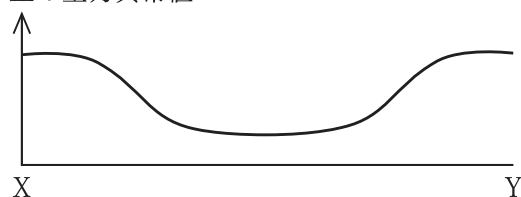


II. 堆積岩層中の金属鉱床(濃色部分)



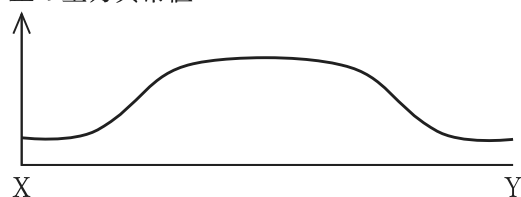
A

正の重力異常値



B

正の重力異常値



㉞

㉟

㊱

1. フリーエア

A

A

2. フリーエア

A

B

3. フリーエア

B

B

4. ブーゲー

A

B

5. ブーゲー

B

A

【No. 104】 ある地域の地質調査をしたところ、泥岩、シルト岩、石灰岩、花崗岩が分布することが判明したが、それぞれの層序関係を直接示す露頭は見いだせなかった。そこで、これらの岩石の産状・年代・産出化石を調べると、以下の記述㉖～㉙の結果が得られた。これらを基にすると、形成順序として最も妥当なのはどれか。

ただし、この地域には、上記の岩石以外は分布しないものとする。

㉖ 石灰岩から貨幣石(ヌムリテス)の化石が産出した。

㉗ 泥岩は硬く緻密な岩石に変化している。肉眼で斑点状の堇青石が見られ、薄片観察では細粒の黒雲母が多く出現していることが確認された。

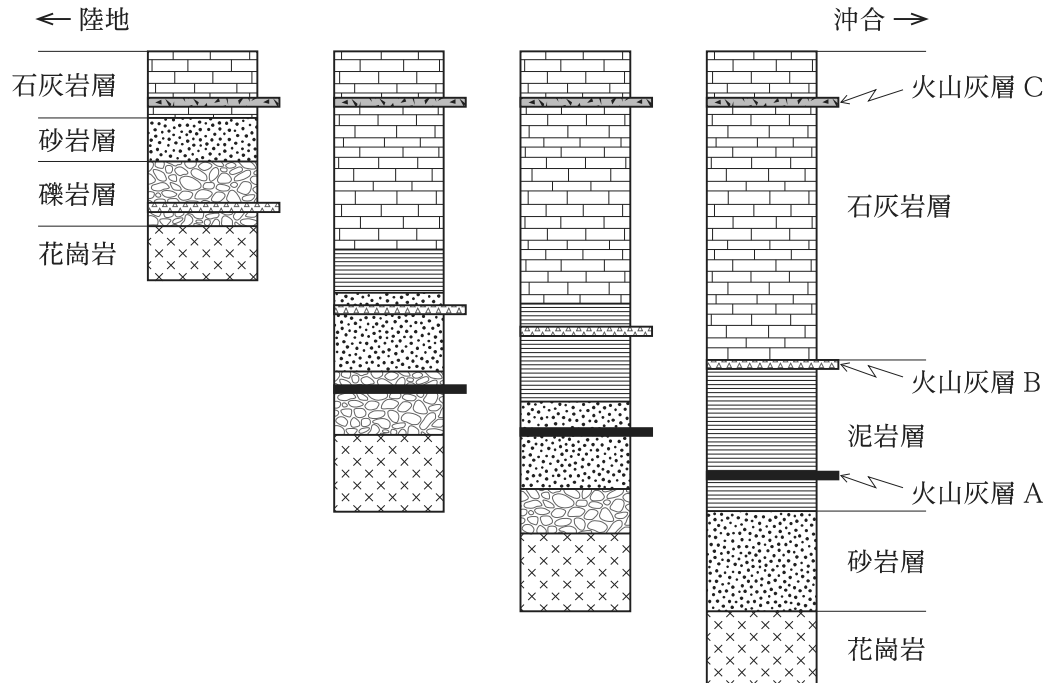
㉘ シルト岩の基底部には花崗岩の礫が含まれ、上部ではアンモナイトやイノセラムスの化石が産出した。

㉙ 花崗岩のジルコン U-Pb 年代を測定したところ、150 Ma の値を得た。

1. 石灰岩 → 泥岩 → シルト岩 → 花崗岩
2. 石灰岩 → シルト岩 → 泥岩 → 花崗岩
3. 泥岩 → 花崗岩 → シルト岩 → 石灰岩
4. 泥岩 → 花崗岩 → 石灰岩 → シルト岩
5. 花崗岩 → シルト岩 → 石灰岩 → 泥岩

【No. 105】 図は、花崗岩を基盤として海成層が堆積した地域の柱状図である。この柱状図に関する記述㉖～㉙のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

ただし、堆積作用の中断は無かったものとする。



- ㉖ 礫岩層あるいは泥岩層が見られない地点があるのは、それらが堆積しなかった場所があったからである。
- ㉗ 不整合を形成しているのは礫岩層の基底のみであり、砂岩層、泥岩層、石灰岩層それぞれの基底は全て整合関係を示す。
- ㉘ この地域ではどの地点でも、同時間には同一の地層が堆積していた。
- ㉙ 石灰岩の堆積は、沖合ほど早期に始まった。

1. ㉖、㉗
2. ㉖、㉙
3. ㉗、㉘
4. ㉘、㉙
5. ㉙

【No. 106】 風化作用に関する記述㉗～㉞のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉗ 堆積岩が形成される最初のプロセスは、後背地での火成作用による既存の岩石の破壊である。この作用を火成的風化と呼ぶ。この作用により生成した碎屑物は、河川や風などによって運搬されて、堆積岩を形成する材料となる。
- ㉘ 化学的風化作用で形成された溶存イオンは、河川や地下水などによって運搬され、溶液の化学組成、濃度、温度等の変化に伴って化学的に沈殿したり、生体に取り込まれて骨格や殻などの形成に使用され、堆積岩の材料となったりする。
- ㉙ 化学的風化の一例として、大気中の CO_2 と雨水及び岩石中の珪酸塩鉱物の化学反応が挙げられる。反応により溶出した Ca^{2+} と HCO_3^- は、海洋における炭酸塩鉱物形成の材料となる。
- ㉞ アルミニウムの原料であるボーキサイトは、化学的風化が進行した結果、岩石中のアルミニウムが地下水に溶出して、河口付近に水酸化物として沈殿して生成される。

1. ㉗
2. ㉗、㉙
3. ㉘
4. ㉘、㉙
5. ㉞

【No. 107】 地質年代区分に関する記述㉗～㉞のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉗ 新生代は、暁新世、始新世、漸新世、中新世、鮮新世、更新世、完新世の七つの世に区分される。
- ㉘ 中生代のうち、三畳紀とジュラ紀は、前期、中期、後期の三つに区分されるが、白亜紀は前期と後期の二つに区分される。
- ㉙ 古生代は、カンブリア紀、オルドビス紀、デボン紀、石炭紀、ペルム紀の五つの紀に区分される。
- ㉞ 顕生累代(古生代、中生代、新生代)のうち、最も長い期間は中生代であり、顕生累代の全期間の 50 % を超える長さがあった。

1. ㉗
2. ㉗、㉘
3. ㉘、㉙
4. ㉘、㉞
5. ㉙、㉞

【No. 108】 脊椎動物の進化史に関する記述㉖～㉙のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉖ 古生代前半に生息していた初期の脊椎動物は顎関節や胸びれを欠いていた。この特徴をもつ脊椎動物はデボン紀末までに絶滅した。
- ㉗ 脊椎動物の陸上進出は、植物や節足動物の陸上進出よりも後の時代に起こった。その過程では、まず空気中で呼吸ができる肺をもつ系統が現れ、その中から指を備えた手足を進化させた系統が陸上生活へ移行した。
- ㉘ 脊椎動物は陸上進出後、爬虫類・鳥類の系統と哺乳類の系統に分かれた。その後、中生代の終わりまで、哺乳類の系統の種は、爬虫類・鳥類系統の種と比べて体サイズが非常に小型である時代が続いた。
- ㉙ ジュラ紀に恐竜から鳥類が進化し、白亜紀にかけて多様化が進んだ。中生代の終わりに起こった大量絶滅では、恐竜だけでなく、鳥類の一部の系統も絶滅した。

- 1. ㉖
- 2. ㉖、㉗
- 3. ㉗、㉘
- 4. ㉗、㉙
- 5. ㉘、㉙

【No. 109】 白亜紀末に起こった地球外天体の地球への衝突に関する次の記述の㉖～㉙に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「白亜紀末に地球外天体が地球に衝突した証拠の一つは、白亜紀と古第三紀の境界にあたる地層に、㉖ が異常に高濃度で含まれていることである。この元素は地球の表面にはほとんど存在せず、隕石などに含まれている。また、同じ地層から、岩石が蒸発して ㉗ が再固結した特徴的な形状の粒子(スフェリュール)も見付かり、これも地球外天体が地球に衝突したことを支持している。この地球外天体衝突は、地球上の生物に非常に大きな影響を及ぼし、恐竜や ㉘ といった中生代を代表するような生物も絶滅した。衝突直後の地層には ㉙ が大量に見付かり、光合成による植物の生育が妨げられていたことが分かる。」

- | | ㉖ | ㉗ | ㉘ | ㉙ |
|------------|-----|--------|---------|---|
| 1. イリジウム | 珪酸塩 | アンモナイト | 菌類の孢子 | |
| 2. イリジウム | 珪酸塩 | 三葉虫 | シダ植物の孢子 | |
| 3. イリジウム | 炭酸塩 | アンモナイト | シダ植物の孢子 | |
| 4. ストロンチウム | 珪酸塩 | アンモナイト | シダ植物の孢子 | |
| 5. ストロンチウム | 炭酸塩 | 三葉虫 | 菌類の孢子 | |

【No. 110】 マグマの種類と性質に関する次の表の㉚～㉞に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

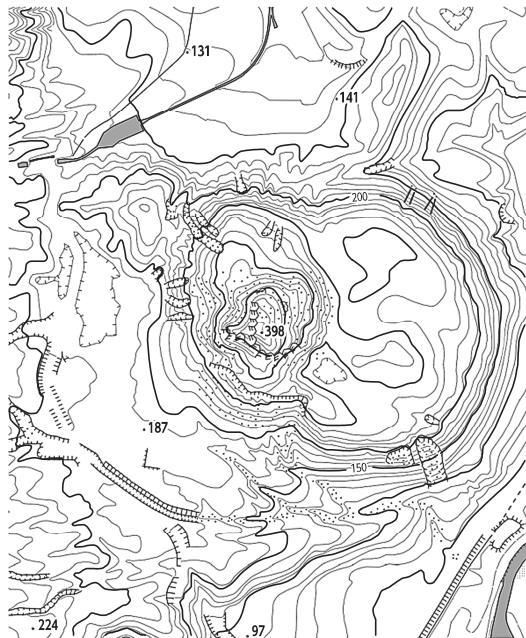
	玄武岩質	安山岩質	流紋岩質
ケイ素の量	㉚	←————→	㉛
粘性	㉜	←————→	㉝
噴出物の色	㉞	←————→	㉟
噴出形式	㊱	㊱	㊲

- | ㉚／㉛ | ㉜／㉝ | ㉞／㉟ | ㊱／㊲ |
|-----------|-------|-----------|-----------|
| 1. 多い／少ない | 高い／低い | 白っぽい／黒っぽい | 溶岩流／溶岩ドーム |
| 2. 多い／少ない | 低い／高い | 黒っぽい／白っぽい | 溶岩ドーム／溶岩流 |
| 3. 少ない／多い | 高い／低い | 黒っぽい／白っぽい | 溶岩流／溶岩ドーム |
| 4. 少ない／多い | 高い／低い | 白っぽい／黒っぽい | 溶岩ドーム／溶岩流 |
| 5. 少ない／多い | 低い／高い | 黒っぽい／白っぽい | 溶岩流／溶岩ドーム |

【No. 111】 地形図㉗、㉘、㉙はそれぞれ異なる火山地形を表している。㉗、㉘、㉙の地形のそれぞれの名称の組合せとして最も妥当なのはどれか。

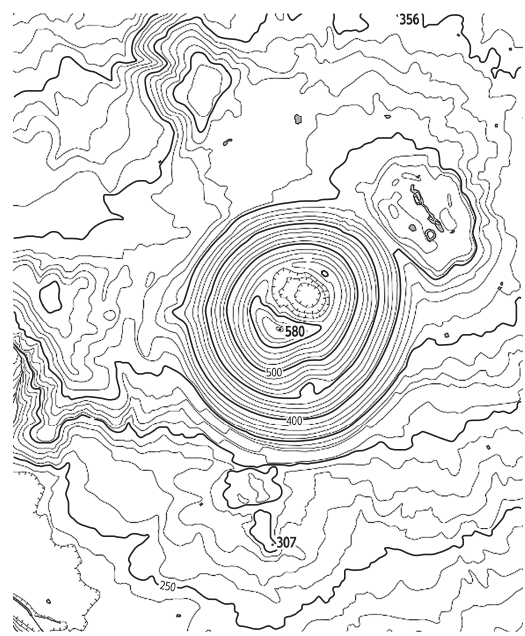
なお、㉗と㉘の等高線の間隔は 10 m、㉙の等高線の間隔は 100 m である。

㉗



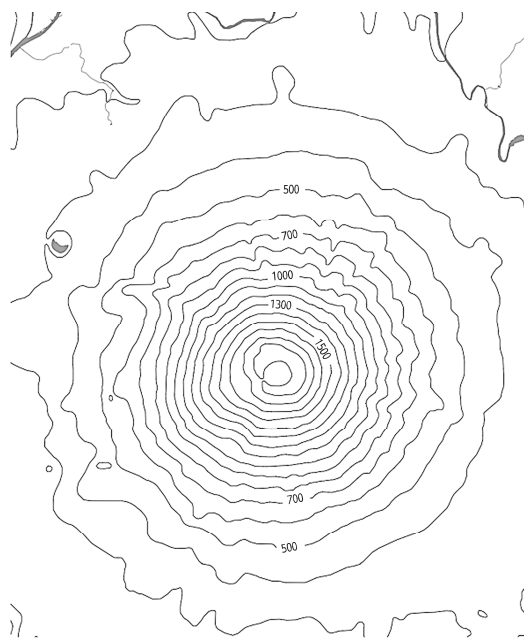
100 m

㉘



100 m

㉙



500 m

(注)「地理院地図／GSI Maps」(国土地理院)を基に作成

ア	イ	ウ
1. カルデラ	溶岩円頂丘	成層火山
2. カルデラ	成層火山	火山碎屑丘
3. 溶岩円頂丘	カルデラ	火山碎屑丘
4. 溶岩円頂丘	火山碎屑丘	成層火山
5. 火山碎屑丘	成層火山	カルデラ

【No. 112】 偏光顕微鏡による岩石薄片観察に関する記述㉗～㉞のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

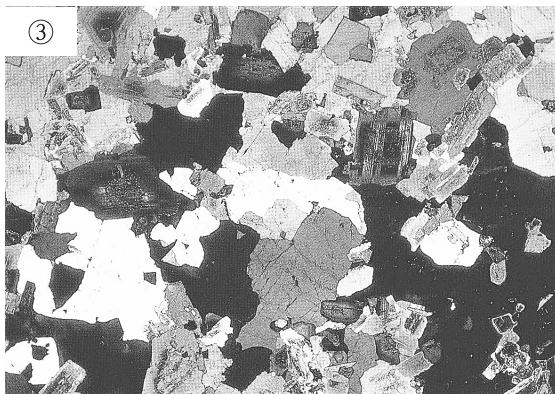
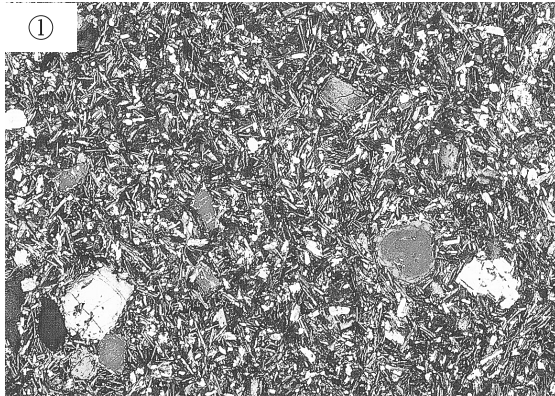
- ㉗ ステージに何も置かずに直交ニコル(直交ポーラー)の状態で見ると視野が暗黒となる場合には、ニコル(ポーラライザー)の角度の調整が必要である。
- ㉘ 偏光顕微鏡の回転ステージは、単ニコル(単ポーラー)では固定して観察を行い、直交ニコルでは回転しながら観察を行う。
- ㉙ 直交ニコルの状態で、多色性から鉱物の複屈折の程度を見積もることができる。
- ㉚ 消光位にあるとき、鉱物を通過した偏光の振動方向は下方ニコルを通過できる光の振動方向に等しい。

- 1. ㉗
- 2. ㉗、㉘
- 3. ㉘、㉙
- 4. ㉙、㉚
- 5. ㉚

【No. 113】 次の薄片写真①、②、③とその説明文㉑～㉔、岩石名㉕～㉗を正しく組み合わせているのはどれか。

ただし、薄片写真は直交ニコル(直交ポーラー)で異なる倍率で撮影したものとする。

〔薄片写真〕



著作権の関係のため、掲載できません。

〔説明文〕

- ㉑ 石英や斜長石などの斑晶が僅かに含まれ、石基は微細な鉱物で構成されている。流理構造が見られる。
- ㉒ 自形～半自形のかんらん石、輝石、斜長石の斑晶と、主にこれらの微小結晶からなる石基で構成されている。
- ㉓ ほぼ同じ大きさの石英、斜長石、カリ長石がおおよそ等量含まれ、黒雲母を若干伴う。鉱物粒子は互いに直接している。
- ㉔ 鉱物粒子の多くは石英、斜長石、カリ長石などであり、岩片を含む。鉱物粒子は少なからず円磨されているものの、角張っている。粒子間は基質により充填されている。

〔岩石名〕

- ㉕ 玄武岩 ㉖ 砂岩 ㉗ 流紋岩 ㉘ 花崗岩

1. ①－㉗－a
2. ①－㉘－c
3. ②－㉙－d
4. ②－㉚－b
5. ③－㉚－d

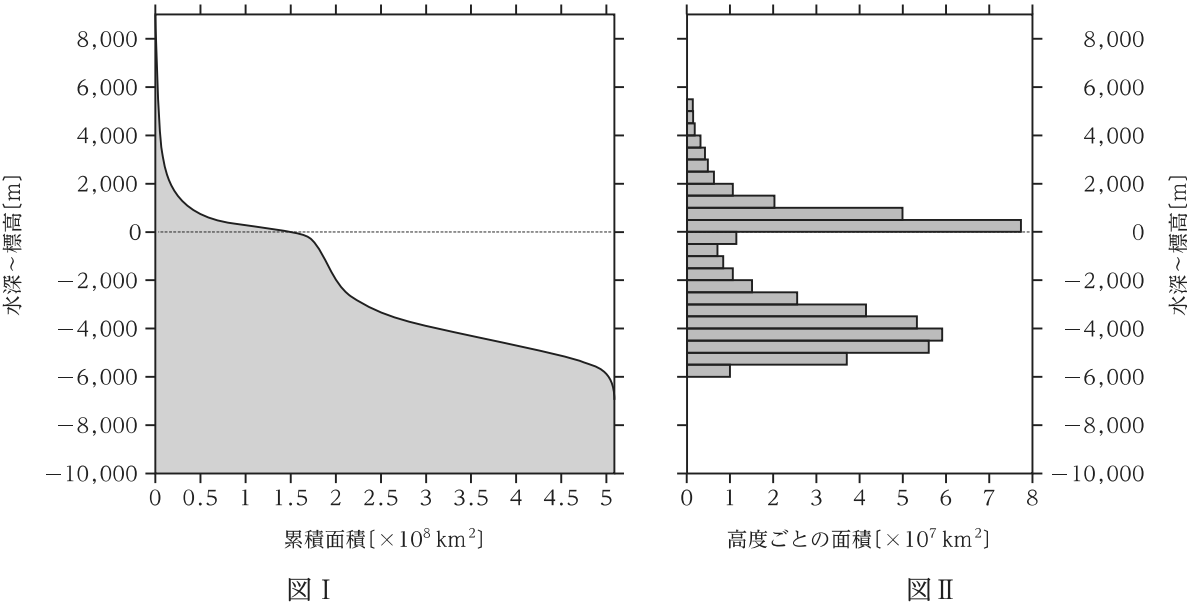
【No. 114】 リチウム資源に関する記述㉗～㉚のうち、妥当なもののみを挙げているのはどれか。

- ㉗ リチウムは水への溶解度が高く、流体と共に移動しやすい元素であるため、液相に濃集するという特徴をもつ。
- ㉘ 主なりチウム鉱床のタイプは、かん水とそれに付随する蒸発岩、ペグマタイト、堆積岩の3種類に分類される。
- ㉙ ペグマタイト鉱床には、リチウムを濃集した特定の鉱物が存在するわけではなく、珪長質鉱物の微量成分として広く薄くリチウムが含有されている。
- ㉚ 鉱床以外に、海水中のリチウム資源量も膨大であり、鉱床から採掘されるリチウム資源に匹敵する量のリチウムが海水から採取されている。

1. ㉗、㉘
2. ㉗、㉙
3. ㉘、㉙
4. ㉘、㉚
5. ㉙、㉚

【No. 115】 地球の地表面(海底面も含む)地形の特徴を示す高度面積曲線(図Ⅰ)と標高頻度分布(図Ⅱ)に関する次の記述の㉑、㉒、㉓に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「図Ⅰからは、地表総面積の約 ㉑ は陸地であることが読み取れる。図Ⅱで見られる二つのピークは図Ⅰで曲線の傾きが緩やかな部分に対応し、上のピークは平野に、下のピークは ㉒ に相当する。これら二つのピークをもつ地形が形成されたのは、㉓ の異なる2種類の地殻が存在すること、すなわち、大陸地殻の方が海洋地殻より ㉔ が小さいことが要因の一つである。」



- | | ㉑ | ㉒ | ㉓ |
|----|------|------|----|
| 1. | 15 % | 大陸斜面 | 面積 |
| 2. | 15 % | 深海平原 | 密度 |
| 3. | 30 % | 大陸斜面 | 面積 |
| 4. | 30 % | 大陸斜面 | 密度 |
| 5. | 30 % | 深海平原 | 密度 |

科目別構成の詳細

科 目	出 題 数	問 題 番 号	ペ ー ジ	解 答 題 数
I 部 必須問題 基礎数学・情報数学	5 題	No. 1～No. 5	1～3	5
II 部 選択問題 次の選択 A, B (各 10 題) から一つ選択 選択 A 数理科学系 線形代数、解析、確率・統計 選択 B 物理・地球科学系 基礎物理、地球科学	(20 題) 10 題 10 題	(No. 6～No. 25) No. 6～No. 15 No. 16～No. 25	(4～21) 5～11 12～21	10
III 部 選択問題 次の 17 科目 90 題から 25 題選択 集合・位相、代数、幾何、解析、 確率・統計、情報理論、計算機数学、 離散数学、数値計算、数学モデル、 オペレーションズ・リサーチ、 経営工学(経営数学・生産管理・品質 管理)、物理数学、古典物理学、 現代物理学(物性物理学を含む。)、 地球物理学、地質学	90 題	No. 26～No.115	22～89	25
				合 計 40

解答方法

I 部の必須問題 5 題(No. 1～No. 5)を全て解答するとともに、**II 部の選択 A 又は選択 B**(それぞれ 10 題ずつ)からどちらか任意の一つ、及び、**III 部の 90 題から任意の 25 題**を解答し、合計 40 題を解答してください。

< 出典 >

・No.21 図

気象庁ホームページの過去の台風資料を加工して作成

・No.24 図

U.S. Geological Survey/ illustration by Jose F. Vigil

・No.86 図

fig. 23 from Solid State Physics Course by Eugene Kogan.

・No. 113 図①③

通商産業省工業技術院地質調査所、「日本の岩石と鉱物」、東海大学出版会

・No. 115 図

沖野 郷子、「第 1 章 図 1.2 地球のヒプソメトリックカーブ、地球の標高頻度分布

第 4 章 図 4.1 太平洋と大西洋の海嶺を横切る地形断面図(『海洋底地球科学』所収)」

東京大学出版会

C1C2－2024 数理科学・物理・地球科学 専門（多肢選択式）

正答番号表

No	正答	No	正答	No	正答	No	正答
1	1	31	5	61	2	91	4
2	3	32	5	62	2	92	3
3	1	33	3	63	2	93	3
4	2	34	2	64	4	94	5
5	5	35	3	65	2	95	5
6	5	36	4	66	2	96	3
7	1	37	3	67	1	97	3
8	5	38	5	68	2	98	2
9	4	39	1	69	5	99	4
10	2	40	4	70	1	100	3
11	1	41	2	71	4	101	2
12	2	42	5	72	3	102	1
13	3	43	4	73	5	103	4
14	3	44	4	74	1	104	3
15	4	45	1	75	1	105	2
16	2	46	3	76	1	106	4
17	4	47	5	77	2	107	2
18	3	48	3	78	2	108	4
19	1	49	2	79	1	109	1
20	1	50	3	80	3	110	5
21	5	51	4	81	4	111	4
22	1	52	4	82	3	112	5
23	4	53	3	83	5	113	4
24	4	54	5	84	5	114	1
25	5	55	2	85	4	115	5
26	2	56	1	86	4		
27	4	57	4	87	1		
28	4	58	2	88	3		
29	4	59	3	89	1		
30	2	60	3	90	4		