

(C1)
(C2) — 2023 — 数理学・物理・地球科学

専門(多肢選択式)試験問題

注 意 事 項

1. 問題は **115 題(85 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。
2. 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。
3. 解答時間は **3 時間 30 分**です。
4. 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。
5. 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。
6. この問題集は、本試験種目終了後に持ち帰りができます。
7. 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。
8. 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】 3次方程式 $f(x) = x^3 + (2a - 1)x^2 - 5ax + 3a = 0$ が2重解(三つの解のうち二つのみが等しくなる解)をもつような、定数 a の取り得る値の総和はいくらか。

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

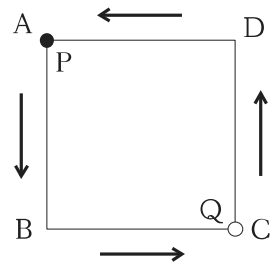
【No. 2】 O を原点とする xyz 空間内に3点 $A(0, 0, 1)$, $B(3, 0, 0)$, $C(0, 4, 0)$ がある。点 A から辺 BC に下ろした垂線と BC との交点を H とし、 $\angle AHO = \theta$ とするとき、 $\tan \theta$ の値はいくらか。

1. $\frac{1}{4}$
2. $\frac{1}{3}$
3. $\frac{5}{12}$
4. $\frac{1}{2}$
5. $\frac{7}{12}$

【No. 3】 $\lim_{x \rightarrow 4} \frac{\sqrt{3x+4}-4}{\sqrt{x}-2}$ はいくらか。

1. $\frac{6}{5}$
2. $\frac{13}{10}$
3. $\frac{7}{5}$
4. $\frac{3}{2}$
5. $\frac{8}{5}$

【No. 4】 図のように、正方形 ABCD とその頂点から頂点へと移る動点 P, Q があり、最初はそれぞれ頂点 A, C にある。毎回、大小二つのサイコロを同時に投げて、P は、大きいサイコロの出た目が偶数のときは、矢印の向きに隣の頂点へ移動させるものとし、奇数のときは移動させないものとする。また、Q は、小さいサイコロの出た目が偶数のときは、矢印の向きに隣の頂点へ移動させるものとし、奇数のときは移動させないものとする。ただし、大小二つのサイコロの出た目が共に偶数のときは、P, Q は同時に移動させるものとする。



このサイコロ投げを 3 回繰り返したとき、各回のサイコロ投げによる移動後の P と Q のいる位置が一度も同じにならない確率はいくらか。

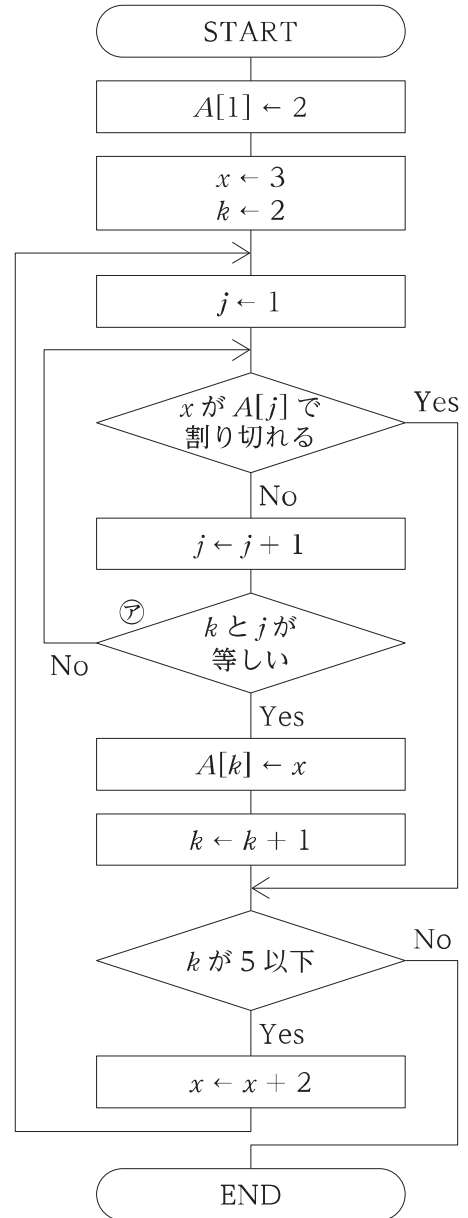
1. $\frac{1}{2}$
2. $\frac{9}{16}$
3. $\frac{5}{8}$
4. $\frac{11}{16}$
5. $\frac{3}{4}$

【No. 5】 配列要素 $A[1], A[2], \dots, A[5]$ から成る配列 A が定義されている。図は各配列要素に素数を一つずつ格納するフローチャートである。

このフローチャートでは、最小の素数である 2 を $A[1]$ に格納し、2 より大きい奇数を昇順に、その奇数を既に A の配列要素に格納されている全ての素数で割り切れるか判定する。そして、割り切れるものがなければ素数とし、 A の配列要素に格納していく。

このとき、㉞の判断が実行される回数はいくらか。

1. 10 回
2. 11 回
3. 12 回
4. 13 回
5. 14 回



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】 次の行列のうち、逆行列をもつもののみを全て挙げているのはどれか。

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 6 & 7 \\ 2 & 5 & 8 \\ 3 & 4 & 9 \end{pmatrix}, \quad C = \begin{pmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 8 & 9 & 4 \\ 7 & 6 & 5 \end{pmatrix}$$

1. A
2. A, C
3. B
4. B, C
5. C

【No. 7】 X を4次実交代行列全体からなる \mathbf{R} 上の線形空間とするとき、 X の次元はいくらか。

ただし、交代行列とは、 $A = -A$ (A は A の転置行列)を満たす行列のことをいう。

1. 4
2. 6
3. 8
4. 10
5. 16

【No. 8】 次の行列式の値はいくらか。

$$\begin{vmatrix} 1 & 2 & 3 & 4 \\ 2 & 3 & 4 & 1 \\ 3 & 4 & 1 & 2 \\ 4 & 1 & 2 & 3 \end{vmatrix}$$

1. -360
2. -208
3. -160
4. 160
5. 360

【No. 9】 xy 平面 \mathbf{R}^2 上において、直線 $y = \frac{4}{3}x$ に関する鏡映(折り返し)を表す \mathbf{R}^2 上の線形変換を f とするとき、 \mathbf{R}^2 の基底 $\left(\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \end{pmatrix}\right)$ に関する f の表現行列として正しいのは次のうちではどれか。

1. $\begin{pmatrix} \frac{7}{5} & \frac{12}{25} \\ \frac{12}{25} & -\frac{7}{5} \end{pmatrix}$

2. $\begin{pmatrix} \frac{7}{25} & \frac{24}{25} \\ \frac{24}{25} & -\frac{7}{25} \end{pmatrix}$

3. $\begin{pmatrix} -\frac{7}{5} & \frac{12}{25} \\ \frac{12}{25} & \frac{7}{5} \end{pmatrix}$

4. $\begin{pmatrix} -\frac{7}{25} & \frac{12}{25} \\ \frac{12}{25} & \frac{7}{25} \end{pmatrix}$

5. $\begin{pmatrix} -\frac{7}{25} & \frac{24}{25} \\ \frac{24}{25} & \frac{7}{25} \end{pmatrix}$

【No. 10】 行列 $\begin{pmatrix} 2 & 3 & 4 \\ 1 & 2 & 3 \\ 3 & 3 & 2 \end{pmatrix}$ の固有値を α, β, γ とするとき、 $\alpha^2 + \beta^2 + \gamma^2$ の値はいくらか。

1. 12
2. 24
3. 36
4. 48
5. 60

【No. 11】 次の級数㉠、㉡、㉢のうち、収束するもののみを全て挙げているのはどれか。

㉠ $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n + \log_e n}$

㉡ $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{\log_e n}{n^2}$

㉢ $\sum_{n=2}^{\infty} \frac{1}{n \log_e n}$

1. ㉠
2. ㉠、㉡、㉢
3. ㉠、㉢
4. ㉡
5. ㉡、㉢

【No. 12】 $x > 0$ で定義された実数値関数 $y = f(x)$ は、微分方程式 $x \frac{dy}{dx} = 2x - y$ の解であり、 $f(1) = -1$ を満たす。このとき、 $f(2)$ の値はいくらか。

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

【No. 13】 箱の中に 6 本のくじが入っており、このうち 2 本が当たりで、残り 4 本がはずれである。この箱から 1 本ずつ無作為にくじを引いていき、 X 本目のくじで初めて当たりが出たとする。このとき、 X の分散はいくらか。

ただし、一度引いたくじは箱の中に戻さないものとする。

1. $\frac{14}{9}$
2. $\frac{7}{3}$
3. $\frac{14}{3}$
4. 6
5. 7

【No. 14】 確率変数 X が区間 $[0, 1]$ 上の一様分布に従うとき、 X と X^4 の相関係数はいくらか。

1. 0
2. $\frac{1}{2}$
3. $\frac{\sqrt{2}}{2}$
4. $\frac{\sqrt{3}}{2}$
5. 1

【No. 15】 X_1, X_2, \dots, X_{16} を平均 10、分散 4 の正規分布からの大きさ 16 の無作為標本とする。
このとき、 X_1, X_2, \dots, X_{16} の標本平均 $\bar{X} = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_{16}}{16}$ が $9.5 \leq \bar{X} \leq 10.25$ を満たす確率として最も近い値は次のうちではどれか。

ただし、標準正規分布の上側確率 $\Psi(z) = \int_z^\infty \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$ として、以下の値を用いてよい。

$$\Psi(0.5) = 0.3085, \quad \Psi(1.0) = 0.1587, \quad \Psi(1.5) = 0.0668, \quad \Psi(2.0) = 0.0228$$

1. 0.53
2. 0.68
3. 0.77
4. 0.82
5. 0.88

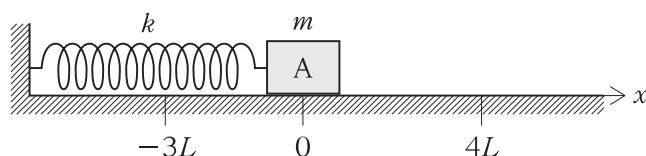
No. 16～No. 25 は**選択B(物理・地球科学系)**です。

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】 図のように、粗い水平な床面上にある質量 m の小物体 A に、ばね定数 k の軽いばねの一端を取り付け、ばねが床面と平行となるように、ばねの他端を壁に固定した。水平右向きに x 軸の正の向きをとり、ばねが自然長のときの A の位置を原点 $x = 0$ とする。また、A と床の間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g とする。

A を $x = 4L$ まで引っ張り、時刻 $t = 0$ で静かに放したところ、A は x 軸の負の向きに動き始め、その後減速し、 $t = t_1$ のときに $x = -3L$ において速さが 0 (ゼロ) となった。このとき、 μ' と t_1 の組合せとして最も妥当なのはどれか。

なお、 $t = 0$ から $t = t_1$ に至るまでの運動を単振動とみなせることを用いてよい。



- | μ' | t_1 |
|---------------------|-------------------------------------|
| 1. $\frac{kL}{2mg}$ | $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$ |
| 2. $\frac{kL}{2mg}$ | $\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ |
| 3. $\frac{kL}{2mg}$ | $\frac{3\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$ |
| 4. $\frac{kL}{mg}$ | $\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$ |
| 5. $\frac{kL}{mg}$ | $\frac{3\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$ |

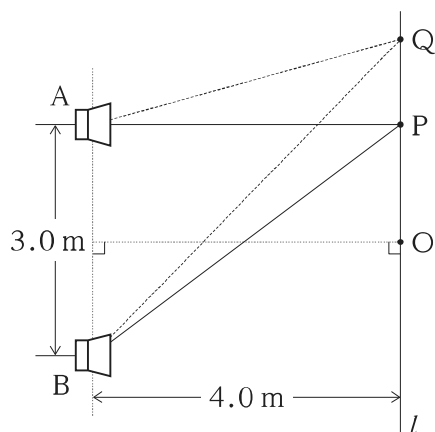
【No. 17】 熱力学に関する記述㉞、㉟、㊱のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉞ 気体の内部エネルギーの増加量は、気体に加えられた熱量と、気体が外部からされた仕事との和に等しい。
- ㉟ 2種類の理想気体において、気体の物質量、体積、温度がそれぞれ等しくても、気体 1 mol 当たりの質量が異なれば、気体の圧力は異なる。
- ㊱ 熱は、高温の物体から低温の物体に自然に移動するが、低温の物体から高温の物体に自然に移動することもある。

1. ㉞
2. ㉞、㉟
3. ㉞、㉟、㊱
4. ㉟、㊱
5. ㊱

【No. 18】 音の干渉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、3.0 m 離れた2点 A, B に置かれたスピーカーから、同じ振動数・振幅の音が出ている。A, B を通る直線に平行で、4.0 m 離れた直線 l 上を移動しながらこの音を観測したところ、A, B から等距離の点 O で音の大きさは極小となり、次に O から 1.5 m だけ移動した点 P で再び極小となった。



このとき、音の波長は である。直線 l 上の任意の点 Q に対して、 $\triangle ABQ$ の各辺の長さ (\overline{AB} , \overline{AQ} , \overline{BQ}) の間に $|\overline{AQ} - \overline{BQ}| < \overline{AB}$ の関係が成り立つことを考慮すると、直線 l 上で音の大きさが**極大**となる点の数は となる。」

- | | ㉞ | ㉟ |
|----|-------|-----|
| 1. | 1.0 m | 4 個 |
| 2. | 1.0 m | 6 個 |
| 3. | 2.0 m | 2 個 |
| 4. | 2.0 m | 4 個 |
| 5. | 2.0 m | 6 個 |

【No. 19】 図 I のように、抵抗値が $2R$ 及び R の抵抗とコンデンサー C を直流電源に接続した回路において、端子 A, B 間の電圧を E とする。

スイッチ S を開いて十分に時間が経過した状態から、図 II のように S を開閉したときの E の時間変化を模式的に表したグラフとして最も妥当なのはどれか。

ただし、時間間隔 T は C の充放電に必要となる時間に対し十分に大きいものとする。

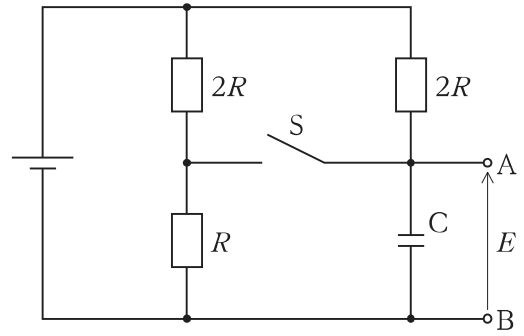


図 I

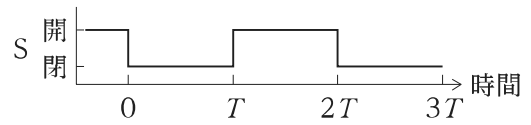
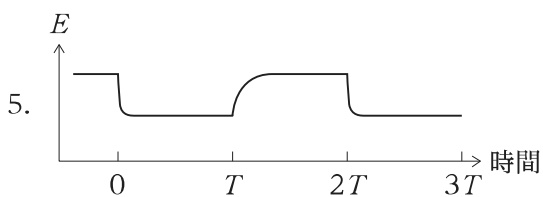
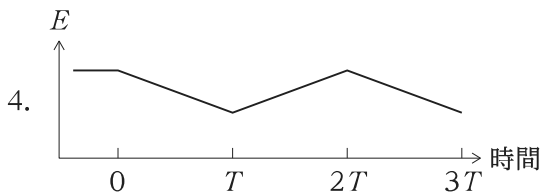
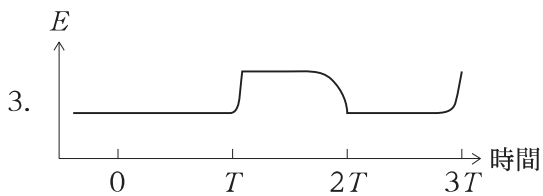
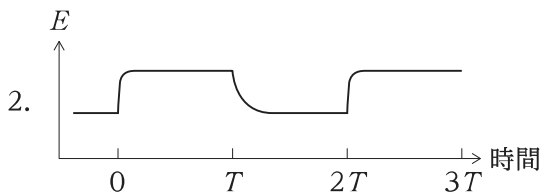
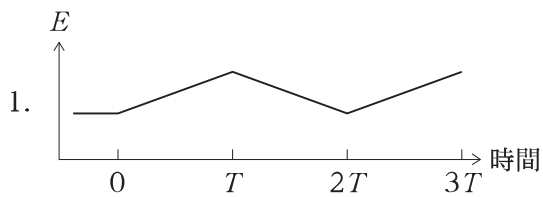


図 II

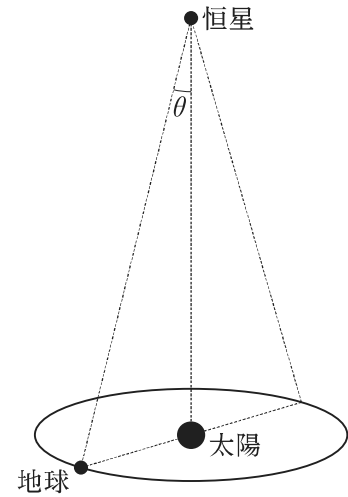


【No. 20】 図のように、恒星から見た太陽と地球の間の角度 θ を年周視差という。年周視差と視直径(角度で測った、地球から見える恒星の直径)から恒星の実際の大きさを推定することができる。

いま、ある恒星を観測したところ、年周視差は $0.0057''$ 、視直径は $0.042''$ であった。この恒星の半径を R 、太陽の半径を R_{\odot} とすると、 $\frac{R}{R_{\odot}}$ の値として最も妥当なのはどれか。

ただし、地球の公転半径を $215R_{\odot}$ とする。

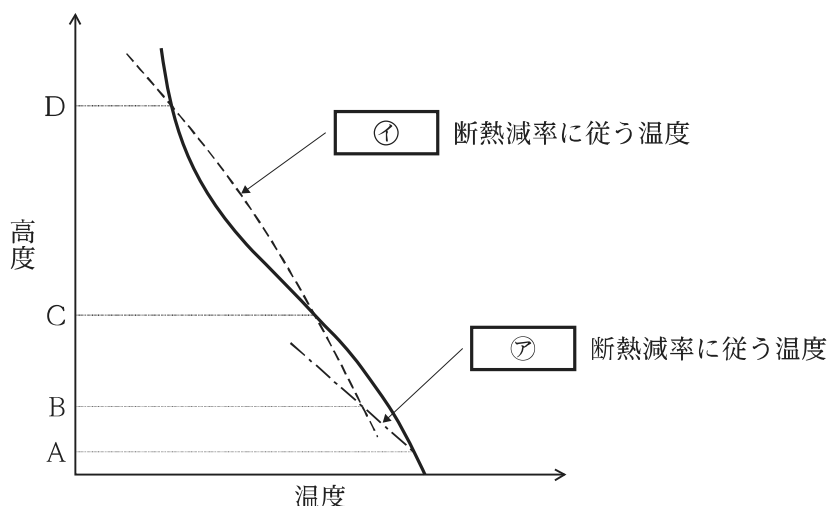
1. 1.6×10
2. 7.9×10
3. 4.0×10^2
4. 7.9×10^2
5. 1.6×10^3



【No. 21】 水蒸気を含む大気の大気対流に関する次の記述の㉠～㉤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。

「図の実線で示されるような気温の高度分布をもつ大気を考える。高度 A にある飽和していない空気塊が、何らかの原因で持ち上げられると、上昇を始めてしばらくのうちは、空気塊の温度は 断熱減率に従って低下していく。高度 B において空気塊の温度が露点に達すると、その後は 断熱減率に従って温度が低下していく。 断熱減率は、水蒸気の凝結に伴う潜熱が放出されるため、 断熱減率よりも 。さらに空気塊が上昇し高度 C を超えると、周囲の大気の大気減率が 断熱減率よりも大きいため、空気塊の温度は周囲の気温よりも高くなり、空気塊は浮力を得て上昇できる。そして、その温度が周囲の気温と再び等しくなる高度 D まで上昇を続ける。このとき、雲が生じると考えられる高度の範囲は である。

なお、大気減率とは、高度とともに気温が低下する割合をいう。」



- | | ㉠ | ㉡ | ㉣ | ㉤ |
|----|----|----|-----|-----|
| 1. | 乾燥 | 湿潤 | 小さい | B～D |
| 2. | 乾燥 | 湿潤 | 大きい | B～D |
| 3. | 乾燥 | 湿潤 | 大きい | C～D |
| 4. | 湿潤 | 乾燥 | 小さい | B～D |
| 5. | 湿潤 | 乾燥 | 大きい | C～D |

【No. 22】 図のように、水平な地表面上に三つの観測点 A, B, C がある。各点に地震計を設置し、観測を行った。地表面が xy 平面に一致するように座標軸をとり、 z 軸は下向きを正にとる。観測点の座標(km 単位)はそれぞれ $A(4, 0, 0)$, $B(-4, 0, 0)$, $C(4, 9, 0)$ である。

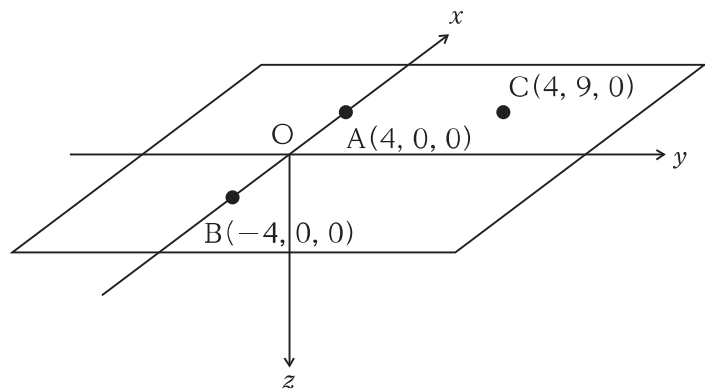
この地域である小さな地震が発生したとき、初期微動継続時間(P 波と S 波の到達時刻の差)は、A 及び B では 1.5 秒、C では 2.0 秒であった。この地震の震源の座標として最も妥当なのはどれか。

ただし、地震波は震源から観測点まで直線的に伝播し、P 波及び S 波の速さは場所によらず一定であるものとする。また、初期微動継続時間 T と震源までの距離 d との関係は、定数 k を用いて

$$d = kT$$

と表され、 $k = 6.0 \text{ km/s}$ とする。

1. $(0, 0, 8)$
2. $(0, 1, 8)$
3. $(0, 2, 8)$
4. $(0, 0, 9)$
5. $(0, 1, 9)$



【No. 23】 地層の形成に関する記述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 水や大気の動きによる運搬力が失われると、堆積物は重力によってその場に沈積し地層をつくる。したがって、地層が積み重なる順序は時間の経過方向を示している。
- ㉘ ある地域において一様に傾斜した地層が分布する場合、これが何らかの変形作用を受けた地層であると判断できるのは、堆積物は初めに水平に広がって地層を形成するからである。
- ㉙ ある地域において同一の地層が異なる2地点で観察された場合、これらの地点は必ず同じ標高にある。
- ㉞ ある地域において場所が異なる2地点の露頭で同じ種類の示準化石が産出しても、それぞれの地点で同じ地層が観察できるとは限らない。

1. ㉗、㉘
2. ㉗、㉘、㉙
3. ㉗、㉘、㉞
4. ㉘、㉙、㉞
5. ㉙、㉞

【No. 24】 プレート運動に関連して形成された大地形に関する記述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 海溝は細長い海底の凹地形である。海溝では、海洋プレートが他のプレートの下に沈み込んでいる。日本海溝から沈み込んだプレートは、マントル遷移層に到達していることが、地震波トモグラフィーから分かっている。
- ㉘ トラフ(舟状海盆)は比較的浅く細長い海底の凹地形である。沖縄トラフは、琉球列島の東方に位置し、フィリピン海プレートの沈み込みの入り口となっている。
- ㉙ 地溝帯(リフト)は地表に表れた海溝である。アフリカ大地溝帯では、高温のプレートが核-マントル境界に向かって沈み込んでいる。
- ㉞ 中央海嶺は海底の火山山脈である。太平洋プレートの東端である東太平洋中央海嶺は、核-マントル境界から地表につながる大規模な上昇流(スーパーホットプルーム)の中心に形成されている。

1. ㉗
2. ㉗、㉘
3. ㉘、㉙
4. ㉙、㉞
5. ㉞

【No. 25】 地球内部の熱に関する記述㉔～㉞のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉔ 日本列島の地表付近の地温勾配(地下増温率)は、平均すると深さ 1 km 当たり 3°C 程度であり、場所によらずほぼ同じである。
- ㉕ 高温の地球内部から低温の地表へ流れ出る熱量を地殻熱流量といい、その単位は W/m^2 である。大陸地域の地殻熱流量の平均値は海洋地域の平均値よりも高い。
- ㉖ 現在の地球内部の熱源は、地球内部に存在するウランやトリウム、カリウムなどの放射性同位体の崩壊(放射性崩壊)によって生成される熱エネルギーのみである。
- ㉞ 花崗岩質岩石 1 kg 当たりの放射性崩壊による発熱量は、玄武岩質岩石 1 kg 当たりの放射性崩壊による発熱量よりも高い。

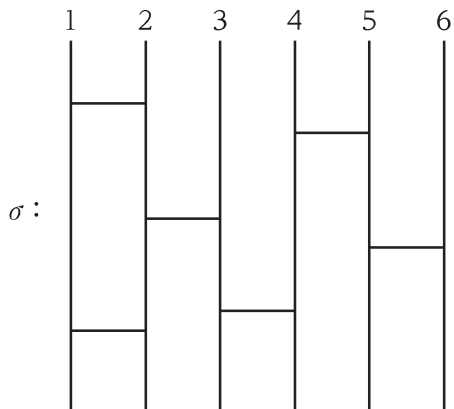
1. ㉔
2. ㉔、㉕
3. ㉕、㉖
4. ㉕、㉞
5. ㉞

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】 図のあみだくじが表す置換 σ (上側の左から i 番目 ($1 \leq i \leq 6$) が下側の左から $\sigma(i)$ 番目に移るもの)と一致するものは、次のうちではどれか。ただし、 \circ は写像の合成を表す。(すなわち、 $\rho \circ \tau(x) = \rho(\tau(x))$)



1. $(1, 2) \circ (2, 3) \circ (5, 6) \circ (3, 4) \circ (4, 5) \circ (1, 2)$
2. $(1, 2) \circ (1, 3) \circ (1, 5) \circ (1, 6) \circ (1, 4)$
3. $((1, 3) \circ (1, 5))^{-1} \circ (1, 6) \circ (1, 4)$
4. $((1, 3) \circ (1, 5)) \circ (1, 6, 4)^{-1}$
5. $(1, 3) \circ (1, 4, 6, 5)^{-1}$

【No. 27】 次の写像㉞、㉟、㊱のうち、全単射であるもののみを全て挙げているのはどれか。

$$\textcircled{㉞} \quad f: [-1, 1) \rightarrow [-1, 0), \quad f(x) = \begin{cases} -x^2 & (-1 \leq x < 0), \\ x - 1 & (0 \leq x < 1) \end{cases}$$

$$\textcircled{㉟} \quad f: (-1, 2] \rightarrow (0, 3], \quad f(x) = \begin{cases} x^2 & (-1 < x < 0), \\ x + 1 & (0 \leq x \leq 2) \end{cases}$$

$$\textcircled{㊱} \quad f: [0, 2] \rightarrow [0, 5], \quad f(x) = \begin{cases} x^2 & (0 \leq x < 1), \\ -4x + 9 & (1 \leq x \leq 2) \end{cases}$$

1. ㉞
2. ㉞、㊱
3. ㉟
4. ㉟、㊱
5. ㊱

【No. 28】 写像 $f: \{1, 2, 3\} \rightarrow \{1, 2, 3, 4, 5\}$ のうち、「 $x \leq y$ ならば $f(x) \leq f(y)$ 」を満たすものは全部でいくつあるか。

1. 10
2. 35
3. 56
4. 60
5. 70

【No. 29】 S を位相空間とし、 \mathcal{O} をその開集合系とする。 S の部分集合 M に対して、

$$M^i = \bigcup_{U \in \mathcal{O}, U \subset M} U, \quad M^a = \bigcap_{U \in \mathcal{O}, M \subset U^c} U^c, \quad M^f = M^a \setminus M^i$$

と定める。ただし、 S の部分集合 M, N に対し、 $M^c = \{s \in S \mid s \notin M\}$, $M \setminus N = \{m \in M \mid m \notin N\}$ とする。また、 $M^{ai} = (M^a)^i$ とする(他の添字の組合せや、添字が三つ以上の場合も同様に定める。)。このとき、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 S の任意の部分集合 M に対して、 $M^{aiai} = M^{ai}$
- ㉟ S の任意の部分集合 M に対して、 $M^{af} = M^f$
- ㊱ S の任意の部分集合 M に対して、 $M^{if} = M^f$

1. ㉞
2. ㉞、㉟
3. ㉞、㉟、㊱
4. ㉟、㊱
5. ㊱

【No. 30】 g を位数 6 の巡回群の生成元とするとき、次の記述のうち、正しいのはどれか。

1. g の位数と g^2 の位数は等しい。
2. g^2 の位数と g^4 の位数は等しい。
3. g^3 の位数は 6 である。
4. g^3 の位数と g^5 の位数は等しい。
5. g^5 の位数は 5 である。

【No. 31】 積に関する単位元 1 をもつ可換環 R に関する記述㉠～㉤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。

- ㉠ R の素イデアルは、 R の極大イデアルである。
- ㉡ I と J を R のイデアルとするとき、 $I \cap J$ は R のイデアルである。
- ㉢ I と J を R のイデアルとするとき、 $I \cup J$ は R のイデアルである。
- ㉣ R が単項イデアル整域であれば、 R は一意分解整域である。
- ㉤ $f: R \rightarrow R$ を環準同型写像とするとき、 $\{x \in R \mid f(x) = 1\}$ は R のイデアルである。

1. ㉠、㉡、㉢、㉤
2. ㉠、㉢、㉣、㉤
3. ㉠、㉣、㉤
4. ㉡、㉢、㉣
5. ㉡、㉣

【No. 32】 ガロア拡大 $\mathbf{Q}(\sqrt{2}, \sqrt{3})/\mathbf{Q}$ のガロア群 $\text{Gal}(\mathbf{Q}(\sqrt{2}, \sqrt{3})/\mathbf{Q})$ と同型な群は次のうちどれか。

1. $\mathbf{Z}/2\mathbf{Z}$
2. $\mathbf{Z}/2\mathbf{Z} \oplus \mathbf{Z}/2\mathbf{Z}$
3. $\mathbf{Z}/2\mathbf{Z} \oplus \mathbf{Z}/3\mathbf{Z}$
4. $\mathbf{Z}/3\mathbf{Z}$
5. $\mathbf{Z}/4\mathbf{Z}$

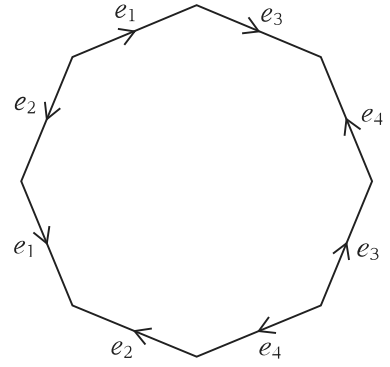
【No. 33】 $a > b > 0$ とする。3次元ユークリッド空間 \mathbf{R}^3 内のパラメータ表示された曲面

$$(x, y, z) = ((a + b \cos u) \cos v, (a + b \cos u) \sin v, b \sin u) \quad (0 \leq u, v < 2\pi)$$

のガウス曲率の最大値として正しいのはどれか。

1. $\frac{1}{ab}$
2. $\frac{1}{a(a+b)}$
3. $\frac{1}{b(a+b)}$
4. $\frac{1}{a(a-b)}$
5. $\frac{1}{b(a-b)}$

【No. 34】 図のような正八角形の二つの辺 $e_i (i = 1, 2, 3, 4)$ をそれぞれ矢印の向きが合うように貼り合わせてできる閉曲面の 1 次整係数ホモロジー群の階数はいくらか。



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

【No. 35】 $z = x + iy (i$ は虚数単位) によって複素数平面 \mathbf{C} に座標 $(x, y) \in \mathbf{R}^2$ を入れる。写像 $f: \mathbf{C} \rightarrow \mathbf{C}$ を $f(z) = 2z^2 + 3iz + 2$ で定義するとき、微分写像 $(df)_z: T_z\mathbf{C} \rightarrow T_{f(z)}\mathbf{C}$ が同型でない z のみを全て挙げているのはどれか。

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

【No. 36】 級数 $\sum_{n=0}^{\infty} \binom{n+2}{2} \left(\frac{1}{2}\right)^n$ の和はいくらか。

1. 2
2. 4
3. 8
4. 16
5. 32

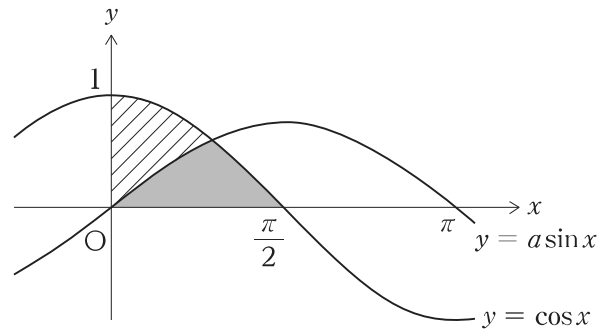
【No. 37】 正の実数 x に対して、 $y^4 + y^2 = x$ を満たす正の実数 y をとり、 $f(x) = x^y$ と定める。
このとき、 $f'(2)$ の値はいくらか。

1. 1
2. $\frac{1}{3}\log_e 2$
3. $12\log_e 2$
4. $1 + \frac{1}{3}\log_e 2$
5. $1 + 12\log_e 2$

【No. 38】 図のように、曲線 $y = \cos x$ ($0 \leq x \leq \frac{\pi}{2}$)、 x 軸、 y 軸で囲まれた図形の面積を、曲線 $y = a \sin x$ ($a > 0$) が 2 等分するとき、定数 a の値はいくらか。

なお、 $\tan^2 \theta + 1 = \frac{1}{\cos^2 \theta}$ が成り立つことを用いてよい。

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



【No. 39】 複素数平面 \mathbf{C} 内の曲線 Γ を、円周 $\{z \in \mathbf{C} \mid |z - i| = 1\}$ 上を正の向き(反時計回り)に一周する単純閉曲線とする。複素積分

$$\int_{\Gamma} \frac{z(z+2)}{(z^2+1)^2} dz$$

の値はいくらか。

ただし、 i は虚数単位である。

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

【No. 40】 \mathbf{R} 上のルベーク測度、ルベーク積分に関する次の記述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 \mathbf{R} 上の非負値可測関数 $f(x)$ が、任意の正の整数 n について \mathbf{R} 上で n 乗可積分であり、さらに $\lim_{n \rightarrow \infty} \int_{\mathbf{R}} f(x)^n dx = 0$ を満たしているとする。このとき、ほとんど全ての $x \in \mathbf{R}$ に対して $f(x) < 1$ となる。

㉟ 区間 $[0, 1]$ 上の可測関数列 $\{f_n\}_{n=1}^{\infty}$ 及び可測関数 f が、ある $p > 1$ に対して $\lim_{n \rightarrow \infty} \int_0^1 |f_n(x) - f(x)|^p dx = 0$ を満たすならば、 $\lim_{n \rightarrow \infty} \int_0^1 |f_n(x) - f(x)| dx = 0$ となる。

㊱ f を区間 $[0, 1]$ 上の非負値可測関数とする。このとき、

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

として定まる区間 $[0, 1]$ 上の関数列 $\{f_n\}_{n=1}^{\infty}$ は $\lim_{n \rightarrow \infty} \int_0^1 f_n(x) dx = \int_0^1 f(x) dx$ を満たす。

1. ㉞、㉟
2. ㉞、㉟、㊱
3. ㉞、㊱
4. ㉟、㊱
5. 該当なし

【No. 41】 \mathbf{R}^2 上の C^1 級関数 $u(t, x)$ が偏微分方程式の初期値問題

$$\begin{cases} \frac{\partial u}{\partial t} + 6t \frac{\partial u}{\partial x} = xu & ((t, x) \in \mathbf{R}^2), \\ u(0, x) = e^{2x} + e^{-x} & (x \in \mathbf{R}) \end{cases}$$

を満たしているとき、 $u(1, 1)$ の値はいくらか。

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

【No. 42】 $\mathbf{v}_1, \mathbf{v}_2, \mathbf{v}_3 \in \mathbf{R}^3$ を

$$\mathbf{v}_1 = \begin{pmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{v}_2 = \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{pmatrix}, \quad \mathbf{v}_3 = \begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{pmatrix}$$

とする。 $i = 1, 2, 3$ に対して、 \mathbf{R}^3 に値をとるベクトル値関数 $\mathbf{X}(t)$ に対する斉次線形常微分方程式

$$\frac{d}{dt} \mathbf{X}(t) = \begin{pmatrix} t & t & 0 \\ t & 0 & t \\ 0 & t & t \end{pmatrix} \mathbf{X}(t)$$

の解であって、 $\mathbf{X}(0) = \mathbf{v}_i$ を満たすものを $\mathbf{X}_i(t)$ とする。このとき、これらの解の $t = 1$ における値を並べて得られる行列の行列式

$$\det(\mathbf{X}_1(1), \mathbf{X}_2(1), \mathbf{X}_3(1))$$

の値はいくらか。

1. 1
2. $e^{\frac{1}{2}}$
3. e
4. $2e^{\frac{1}{2}}$
5. $2e$

【No. 43】 r を $|r| < 1$ を満たす実数とする。関数

$$f(x) = \frac{1 - r \cos x}{1 - 2r \cos x + r^2}, \quad g(x) = \sum_{n=1}^{\infty} r^n \cos 2nx$$

に対して、 $\int_{-\pi}^{\pi} f(x)g(x)dx$ の値として正しいのはどれか。

1. $\frac{\pi}{1-r}$
2. $\frac{\pi}{1-r^2}$
3. $\frac{\pi r}{1-r^2}$
4. $\frac{\pi r}{1-r^3}$
5. $\frac{\pi r^3}{1-r^3}$

【No. 44】 xy 平面上の閉集合 $D = \{(x, y) \in \mathbf{R}^2 \mid 1 \leq x^2 + y^2 \leq 4, x, y \geq 0\}$ の境界を正の向き (反時計回り) に一周する曲線を C とする。このとき、 C に沿った線積分

$$\int_C (x^3 - x^2y)dx + (xy^2 - y^3)dy$$

の値はいくらか。

1. $\frac{1}{2}\pi$
2. $\frac{3}{4}\pi$
3. $\frac{7}{6}\pi$
4. $\frac{15}{8}\pi$
5. $\frac{31}{10}\pi$

【No. 45】 確率変数 X, Y は独立で、 X の確率密度関数 $f(x)$ と Y の確率密度関数 $g(y)$ がそれぞれ

$$f(x) = \begin{cases} 1 & (x \in [0, 1]), \\ 0 & (x \notin [0, 1]) \end{cases}$$
$$g(y) = \begin{cases} ye^{-y} & (y \geq 0), \\ 0 & (y < 0) \end{cases}$$

で与えられているとき、 $X + Y \leq 1$ となる確率はいくらか。

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

【No. 46】 $0 < p < 1$, $\lambda > 0$ とする。確率変数 X_1, X_2, \dots, T は独立で、以下を満たすとする。

$$P(X_n = 1) = p, \quad P(X_n = -1) = 1 - p \quad (n = 1, 2, \dots),$$

$$P(T = k) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^k}{k!} \quad (k = 0, 1, 2, \dots)$$

このとき、期待値 $E\left[\prod_{n=1}^T X_n\right]$ として正しいのはどれか。ただし、 $\prod_{n=1}^0 X_n$ は 1 と定める。

1. $e^{-p\lambda}$
2. $e^{-2p\lambda}$
3. $e^{-p(1-p)\lambda}$
4. $e^{-(1-p)\lambda}$
5. $e^{-2(1-p)\lambda}$

【No. 47】 $\frac{1}{2} < p < 1$ かつ $p - \frac{1}{2} \leq a \leq \frac{1}{2}$ とする。二つの確率変数 X, Y は取り得る値が共に 0 と 1 だけであり、 X の期待値は p 、 Y の期待値は $\frac{1}{2}$ であるとする。また、 $X = Y = 1$ となる確率は a であるとする。 p を固定して、 $p - \frac{1}{2} \leq a \leq \frac{1}{2}$ の範囲で a を動かすとき、 X, Y の相関係数の取り得る値の最小値として正しいのはどれか。

1. 0
2. $p - 1$
3. $-\sqrt{1-p}$
4. $-\sqrt{\frac{1-p}{p}}$
5. -1

【No. 48】 $\lambda > 0$ とし、 n を 2 以上の整数とする。 X_1, X_2, \dots, X_n をパラメータ λ の指数分布からの大きさ n の無作為標本とする。このとき、 λ の最尤推定量として正しいのはどれか。

ただし、パラメータ λ の指数分布の確率密度関数は

$$f(x) = \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x} & (x \geq 0), \\ 0 & (x < 0) \end{cases}$$

である。

1. $\frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}$
2. $\frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n - 1}$
3. $\frac{n}{X_1 + X_2 + \dots + X_n}$
4. $\frac{n - 1}{X_1 + X_2 + \dots + X_n}$
5. $\max \{X_1, X_2, \dots, X_n\}$

【No. 49】 $\{0, 1\}$ を値にとる確率変数 X, Y の同時分布が表のように与えられるとする。

$X \backslash Y$	0	1
0	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{2}$
1	$\frac{1}{12}$	$\frac{1}{6}$

このとき、 X のエントロピー $H(X)$ 、 Y のエントロピー $H(Y)$ 、 X と Y の結合エントロピー $H(X, Y)$ について成り立つ関係として正しいのはどれか。

ただし、 $H(X) = - \sum_{x=0,1} P(X=x) \log_2 P(X=x)$ 、 $H(Y) = - \sum_{y=0,1} P(Y=y) \log_2 P(Y=y)$ 、 $H(X, Y) = - \sum_{x=0,1} \sum_{y=0,1} P(X=x, Y=y) \log_2 P(X=x, Y=y)$ とする。また、 $\log_2 3 = 1.58$ を用いてよい。

1. $H(X) > H(Y)$, $H(X, Y) < H(X) + H(Y)$
2. $H(X) > H(Y)$, $H(X, Y) = H(X) + H(Y)$
3. $H(X) > H(Y)$, $H(X, Y) > H(X) + H(Y)$
4. $H(X) < H(Y)$, $H(X, Y) < H(X) + H(Y)$
5. $H(X) < H(Y)$, $H(X, Y) = H(X) + H(Y)$

【No. 50】 a, b, c, d の四つの文字で作られた文章を 0, 1 で符号化することを考える。a, b, c, d の出現確率が次の表のとおりであるとき、符号化に関する記述のうち正しいのはどれか。

文字	出現確率(%)
a	50.0
b	25.0
c	12.5
d	12.5

1. 符号化法を工夫することで、1文字当たりの平均符号長を 0.5 未満に圧縮できる。
2. 1文字当たりの平均符号長を 0.5 未満に圧縮することはできないが、符号化法を工夫することで 1 未満には圧縮できる。
3. 1文字当たりの平均符号長を 1 未満に圧縮することはできないが、符号化法を工夫することで 1.5 未満には圧縮できる。
4. 1文字当たりの平均符号長を 1.5 未満に圧縮することはできないが、符号化法を工夫することで 2 未満には圧縮できる。
5. どんなに符号化法を工夫しても、1文字当たりの平均符号長は 2 以上必要で、2 未満に圧縮することはできない。

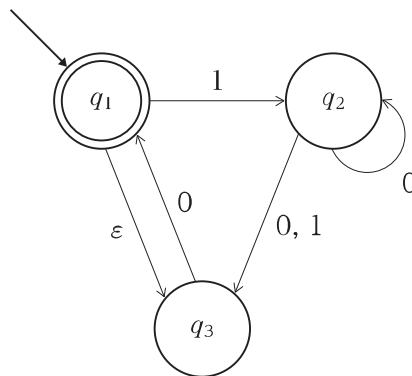
【No. 51】 ある地域の天気は単純マルコフ過程に従い、ある日の天気に対して翌日の天気は表に示す確率で現れるものとする。曇りの2日後に雨になる確率はいくらか。

		翌日の天気		
		晴れ	曇り	雨
当日の天気	晴れ	0.7	0.2	0.1
	曇り	0.4	0.4	0.2
	雨	0.2	0.5	0.3

1. 0.14
2. 0.18
3. 0.20
4. 0.24
5. 0.60

【No. 52】 系列 $\varepsilon, 111, 0110, 00010, 000110$ のうち、図の非決定性有限オートマトンが受理する系列のみを全て挙げているのはどれか。

ただし、初期状態及び受理状態を q_1 とし、 ε を空列とする。



1. $\varepsilon, 111, 0110, 00010, 000110$
2. $\varepsilon, 0110, 000110$
3. $\varepsilon, 0110, 00010, 000110$
4. $111, 0110, 000110$
5. $0110, 000110$

【No. 53】 記号 \vee , \wedge , \neg はそれぞれ論理和、論理積、否定を表すものとする。 x を変数記号、 p , q を 1 引数の述語を表す記号として、述語論理式 f を $f = \forall x(p(x) \wedge q(x))$ と定める。 f と論理的同値である論理式として最も妥当なのは次のうちではどれか。

1. $(\exists x p(x)) \vee (\exists x q(x))$
2. $\forall x(p(x) \vee q(x))$
3. $\exists x(p(x) \wedge q(x))$
4. $(\forall x p(x)) \wedge (\forall x q(x))$
5. $\neg \exists x(p(x) \wedge q(x))$

【No. 54】 頂点数 n の有向グラフの頂点 v を考える。頂点 v に対して、 v から出る枝の数を出次数、 v に入る枝の数を入次数という。グラフの接続状況が、線形リストで実装された隣接リストで表されているとする(例えば、図 I の重み付き有向グラフは図 II のリストで表される。)とき、ある(一つの)頂点の出次数及び入次数を求める最悪時間計算量のオーダの組合せとして最も妥当なのはどれか。ただし、当てはまるものが複数ある場合はより小さいオーダを選ぶものとする。

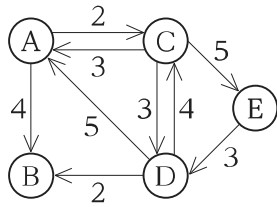


図 I

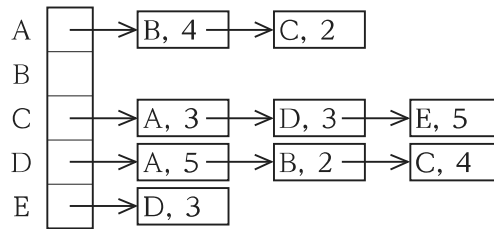


図 II

- | | 出次数 | 入次数 |
|----|----------|----------|
| 1. | $O(1)$ | $O(n)$ |
| 2. | $O(n)$ | $O(n)$ |
| 3. | $O(n)$ | $O(n^2)$ |
| 4. | $O(n^2)$ | $O(n)$ |
| 5. | $O(n^2)$ | $O(n^2)$ |

【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はいくらか。

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>
int main() {
    int i, j, m, N = 100;
    int data[101];

    for (i = 0; i < N + 1; i++) {
        data[i] = 1;
    }

    data[0] = 0;
    data[1] = 0;
    for (i = 2; i <= sqrt(N); i++) {
        for (j = 2; j <= N / i; j++) {
            data[i * j] = 0;
        }
    }
    m = 0;
    for (i = 0; i < N + 1; i++) {
        if (data[i] == 1) {
            m = m + 1;
        }
    }
    printf("%d\n", m);
    return 0;
}
```

1. 4
2. 5
3. 10
4. 11
5. 25

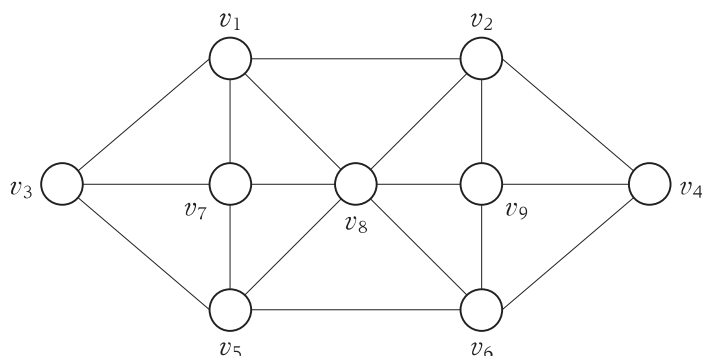
【No. 56】 平面上に 100 本の直線がある。どの二つの直線も平行ではなく、どの三つの直線も 1 点では交わらないとする。100 本の直線によって平面を分割するとき、分割されてできた領域の数はいくつか。

1. 5050
2. 5051
3. 5052
4. 5053
5. 5054

【No. 57】 全ての頂点の次数が k である無限個の頂点をもつ木(ベーテ格子)を考える。ただし、 $k \geq 3$ とする。根(中心の頂点)から距離 1 にある頂点は k 個、距離 2 にある頂点は $k(k-1)$ 個である。根から距離 l 以内にある頂点(根自身も含む。)の総数として正しいのはどれか。

1. $\frac{k(k-1)^l - 2}{k-2}$
2. $\frac{k\{(k-1)^l - 1\}}{k-2}$
3. $\frac{k\{(k-1)^{l+1} - 2\}}{k-2}$
4. $\frac{k\{(k-1)^l - 1\}}{k-1}$
5. $k(k-1)^{l-1}$

【No. 58】 連結グラフに対して、全ての辺をちょうど1回だけ通る道をオイラー道という。閉じたオイラー道をオイラー閉路という。図のグラフに関する記述として正しいのはどれか。



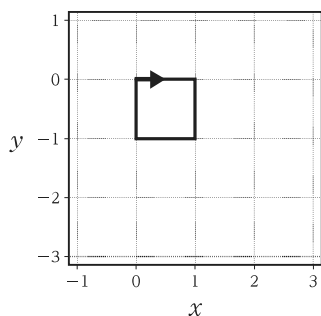
1. v_1 を始点とするオイラー道も、オイラー閉路も存在する。
2. v_3 を始点とするオイラー道も、オイラー閉路も存在する。
3. v_1 を始点とするオイラー道は存在する。オイラー閉路は存在しない。
4. v_3 を始点とするオイラー道は存在する。オイラー閉路は存在しない。
5. オイラー道は存在しない。オイラー閉路は存在する。

【No. 59】 二つの量 x と y を測定したところ、 n 個 ($n \geq 2$) のデータ (x_k, y_k) ($k = 1, 2, \dots, n$) が得られた。これらのデータを最小二乗法により $y = ax + b$ で近似するとき、 a として正しいのはどれか。

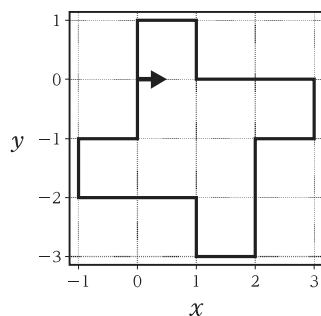
ただし、 $S_1 = \sum_{k=1}^n x_k$, $S_2 = \sum_{k=1}^n x_k^2$, $T_1 = \sum_{k=1}^n y_k$, $T_2 = \sum_{k=1}^n x_k y_k$ とする。

1. $(nS_2 - S_1^2)(T_1 - T_2)$
2. $nT_2 - S_1T_1$
3. $S_2T_1 - S_1T_2$
4. $\frac{nT_2 - S_1T_1}{nS_2 - S_1^2}$
5. $\frac{S_2T_1 - S_1T_2}{nS_2 - S_1^2}$

【No. 60】 xy 平面上を動くロボットの動作コマンドを、3種類の文字「F」、「+」、「-」を左から並べた文字列で記述する。ロボットは、文字「F」で長さ1だけ前進し、文字「+」と「-」で位置を変えずにそれぞれ左90°と右90°回転する。まず、図Ⅰの矢印が示すように、位置(0,0)で x 軸の正の向きを向いた状態をロボットの初期状態とする。例えば、図Ⅰにおいて、コマンド文字列「F-F-F-F」を与えると、ロボットは正方形の軌跡を描く。このコマンド文字列に対して「F → +F-F-F+F」という置換規則を適用すると「+F-F-F+F-F-F-F+F-F-F-F+F-F-F-F+F-F-F-F+F」というコマンド文字列になり、図Ⅱのような軌跡を描く。

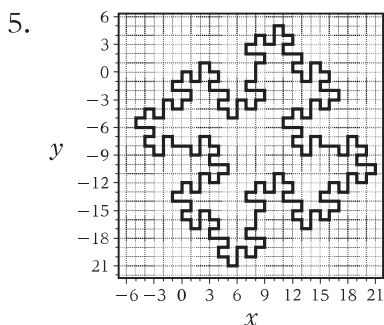
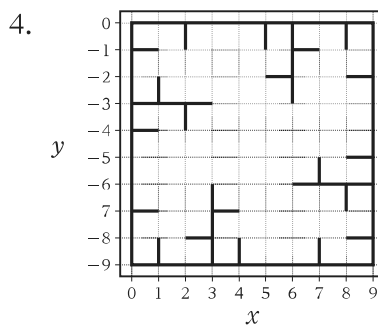
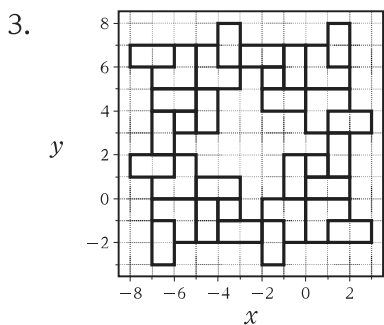
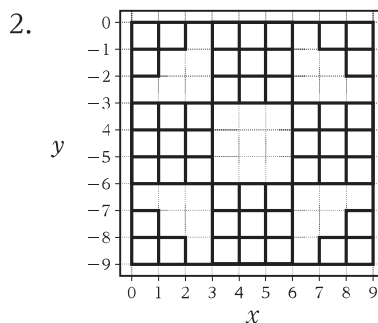
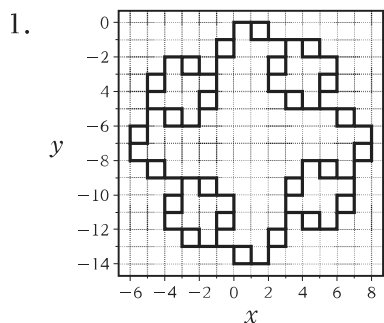


図Ⅰ



図Ⅱ

このとき、初期状態から、コマンド文字列「F-F-F-F」に対して置換規則「F → F-F-F+F」を2回適用したコマンド文字列によってロボットが描く軌跡として最も妥当なのは次のうちではどれか。



【No. 61】 次の漸化式で与えられる写像を考える。

$$x_{n+1} = 2x_n(1 - x_n) \quad (n = 0, 1, 2, \dots)$$

ただし、 $0 \leq x_n \leq 1$ とする。このとき、安定な固定点(不動点)の値はいくらか。

1. 0
2. $\frac{1}{3}$
3. $\frac{1}{2}$
4. $\frac{2}{3}$
5. 1

【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。

$$\begin{aligned} \text{minimize} \quad & x_1^2 + 6x_1x_2 - x_2^2 \\ \text{subject to} \quad & x_1^2 + 2x_2^2 = 3 \end{aligned}$$

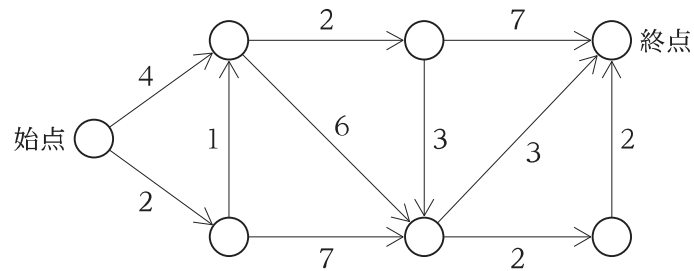
1. $-\frac{15}{2}$
2. -6
3. 0
4. 6
5. $\frac{15}{2}$

【No. 63】 次の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。

$$\begin{aligned} & \text{minimize} && 9x_1 + 15x_2 + 16x_3 \\ & \text{subject to} && x_1 + x_2 + 2x_3 \geq 1, \\ & && x_1 + 3x_2 + x_3 \geq 2, \\ & && x_1 \geq 0, x_2 \geq 0, x_3 \geq 0 \end{aligned}$$

1. 11
2. 12
3. 13
4. 14
5. 15

【No. 64】 次の有向グラフにおいて、各辺の数字はその辺の長さを表している。このとき、始点から終点までの最短経路の長さはいくらか。



1. 10
2. 11
3. 12
4. 13
5. 14

【No. 65】 電機メーカー A 社と B 社はある製品の技術開発に対し、「新機能：甲」、「新機能：乙」のどちらかを開発対象として選ぶようとしている。市場ではどちらの新機能も待望されており、技術開発によって利益がもたらされる。市場調査の結果、A 社か B 社のどちらかの製品を購入する可能性のある潜在ユーザーが 100 万人おり、このうち 70 万人が「新機能：甲」に興味をもっており、残りの 30 万人は「新機能：乙」に興味をもっているとする。もし両社が異なる新機能を開発すれば、興味をもっている潜在ユーザーは全て獲得でき、同じ新機能を開発すれば興味をもっている潜在ユーザーを半々に獲得できるものとする。両社は、相手がどちらの新機能を開発しているか知らずに、自社はどちらの新機能を開発するのかという行動を決めなくてはならない。

ここで、獲得する潜在ユーザー数を利得として、両社がどちらの新機能を開発するのがよいか分析することを考える。このとき、両社の戦略に関する記述として正しいのはどれか。

1. A 社にとっては「新機能：甲」が支配戦略となり、B 社にとっては「新機能：乙」が支配戦略となる。
2. A 社にとっては「新機能：乙」が支配戦略となり、B 社にとっては「新機能：甲」が支配戦略となる。
3. A 社にとっても、B 社にとっても「新機能：甲」が支配戦略となる。
4. A 社にとっては「新機能：甲」が支配戦略となるが、B 社には支配戦略がない。
5. A 社にも B 社にも支配戦略がない。

【No. 66】 複素数 z を二つの実数 x, y を用いて $z = x + iy$ (i は虚数単位) と表す。次の㉞、㉟、
㊱で表される複素関数のうち、複素数平面全体(ただし、㊱については $(x, y) = (-1, 0)$ を除く。)
において正則な関数のみを全て挙げているのはどれか。

㉞ $\cos x \cosh y - i \sin x \sinh y$

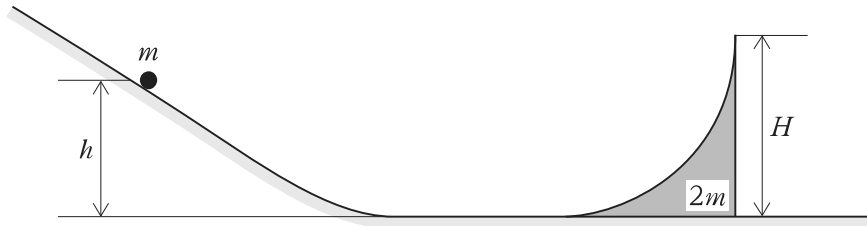
㉟ $x^2 + iy$

㊱ $\frac{x + 1 - iy}{x^2 + y^2 + 2x + 1}$

1. ㉞
2. ㉞、㉟
3. ㉞、㊱
4. ㉟、㊱
5. ㊱

【No. 67】 図のように、質量 $2m$ 、高さ H で、上面が滑らかな曲面である台が、斜面と水平面から成る滑らかな床の水平面の上に置かれている。水平面の左側には斜面があり、斜面、水平面及び台の曲面は滑らかにつながっている。

水平面からの高さが h ($h < H$) の斜面上において、質量 m の小球を静かに放した。すると、小球が台の曲面上で最高点に達し、このとき、台は右方向へ運動していた。水平面から小球が達した最高点までの高さとして最も妥当なのはどれか。



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

【No. 68】 質量 m の小物体を初速度 0 で落下させたところ、小物体は速さ v のときに鉛直上向きに大きさ kv^2 の空気抵抗を受けながら落下し続けた。 k は正の定数とする。小物体が落下を始めた時刻を $t = 0$ とし、小物体の速度が終端速度の半分の値に到達したときの時刻を $t = T$ とする。 T 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 とする。

1. $\frac{\log_e 2}{4} \sqrt{\frac{m}{kg}}$

2. $\frac{\log_e 2}{3} \sqrt{\frac{m}{kg}}$

3. $\frac{\log_e 2}{2} \sqrt{\frac{m}{kg}}$

4. $\frac{\log_e 3}{3} \sqrt{\frac{m}{kg}}$

5. $\frac{\log_e 3}{2} \sqrt{\frac{m}{kg}}$

【No. 69】 水平方向を x 軸、鉛直上向きを y 軸とする。一様な重力の下で、ある関数 $y = f(x)$ で表される曲線上を滑らかに運動する質量 m の小球のラグランジアン L は

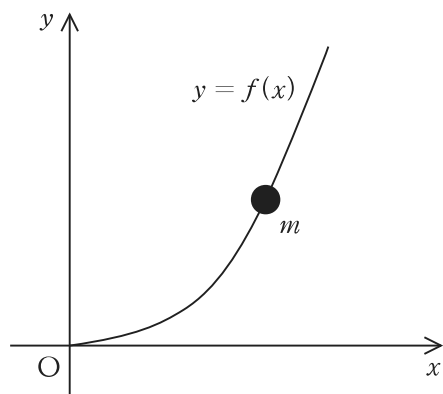
$$L = \frac{m}{2}(\dot{x}^2 + \dot{y}^2) - mgy$$

と表される。ただし、変数 x, y の時間微分を \dot{x}, \dot{y} と表し、重力加速度の大きさを g とする。

関数 $f(x)$ の x に関する 1 階微分及び 2 階微分をそれぞれ $f'(x), f''(x)$ と表すとき、この小球の運動方程式として最も妥当なのはどれか。

ただし、 \ddot{x} は変数 x の時間 2 階微分を表すものとする。

1. $m\ddot{x} - mf'f''\dot{x}^2 + mgf = 0$
2. $m\{1 + (f')^2\}\ddot{x} + mf'f''\dot{x}^2 + mgf = 0$
3. $m\{1 + (f')^2\}\ddot{x} + mf'f''\dot{x}^2 + mgf' = 0$
4. $m\{1 + (f')^2\}\ddot{x} - mf'f''\dot{x}^2 + mgf = 0$
5. $m\{1 + (f')^2\}\ddot{x} - mf'f''\dot{x}^2 + mgf' = 0$



【No. 70】 系のラグランジアンが、二つの一般化座標 x, y 及びその時間微分 \dot{x}, \dot{y} により

$$L = \frac{1}{2}(\dot{x}^2 + \dot{y}^2) - \frac{\omega^2}{2}(x^2 + y^2) + \alpha xy$$

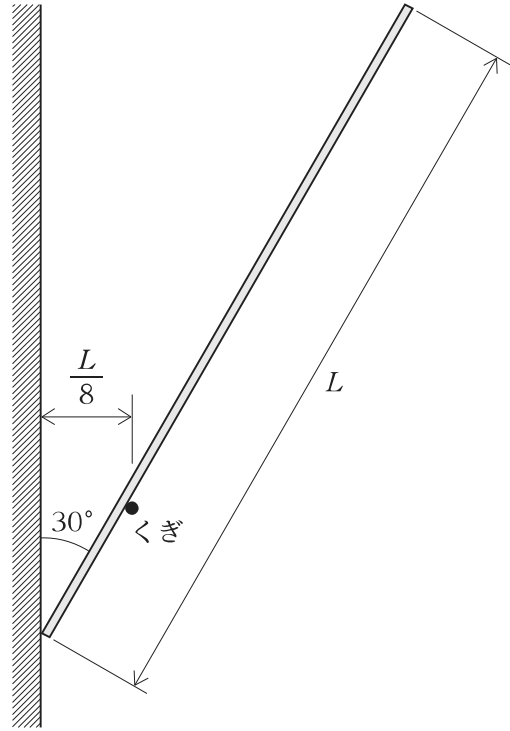
のように与えられるとき、この系の固有振動の解 $\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$ の固有振動数と対応する固有モードの組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、各選択肢の符号は複号同順である。また、 ω 及び α は正の定数であり、 ω^2 は α に比べて十分に大きいものとする。

固有振動数	固有モード
1. $\sqrt{\omega^2 \pm \alpha}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ \pm 1 \end{pmatrix}$
2. $\sqrt{\omega^2 \pm \alpha}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ \mp 1 \end{pmatrix}$
3. $\sqrt{\omega^2 \pm 2\alpha}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ \pm 1 \end{pmatrix}$
4. $\sqrt{\omega^2 \pm 2\alpha}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{pmatrix} 1 \\ \mp 1 \end{pmatrix}$
5. $\sqrt{\omega^2 \pm 2\alpha}$	$\frac{1}{\sqrt{5}} \begin{pmatrix} 2 \\ \pm 1 \end{pmatrix}$

【No. 71】 図のように、長さ L の一様な細い棒の一端を鉛直の粗い壁につけ、壁から距離 $\frac{L}{8}$ だけ離れた滑らかな水平くぎに棒を立て掛けて静止させた。棒と壁のなす角が 30° であるとき、棒と壁の間の静止摩擦係数の最小値として最も妥当なのはどれか。ただし、くぎの太さは無視できるものとする。

1. $\frac{\sqrt{3}}{6}$
2. $\frac{\sqrt{3}}{4}$
3. $\frac{\sqrt{3}}{3}$
4. $\frac{2\sqrt{3}}{3}$
5. $\sqrt{3}$



【No. 72】 z 軸の周りを定常的に回転する流体の軸対称な 2 次元運動について、円柱座標 (r, θ, z) を用いて考える。流体の渦度は z 成分 ω_z のみを持ち、また流体の速度は θ 成分 v_θ のみをもつとき、これらは次の関係を満たす。

$$\omega_z = \frac{1}{r} \frac{d}{dr}(rv_\theta)$$

a 及び ω_0 を正の定数として、渦度が

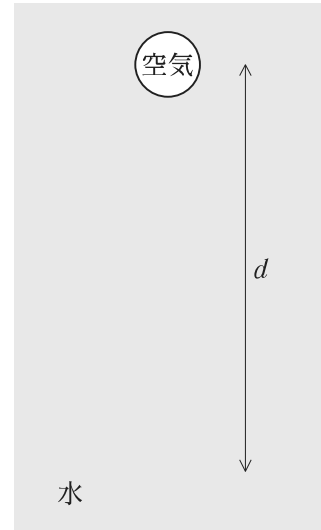
$$\omega_z = \begin{cases} \omega_0 & (0 \leq r < a) \\ 0 & (r \geq a) \end{cases}$$

のように与えられるとき、 $r \geq a$ における流体の速度 v_θ として最も妥当なのはどれか。

1. 0
2. $\frac{\omega_0 r}{2}$
3. $\omega_0 r$
4. $\frac{\omega_0 a^2}{2r}$
5. $\frac{\omega_0 a^2}{r}$

【No. 73】 図のように、熱を通す袋に空気を密封し、一定の温度に保たれた一様密度の水中で静止させたところ、圧力 P_0 、体積 V_0 で熱平衡状態となった。この袋を静止させた位置から深さ d だけゆっくりと沈めた。この間に袋内の空気から水中に放出された熱量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 、水の密度を ρ とし、袋内の空気は理想気体とみなす。また、袋の大きさは d に比べて十分小さく、袋内の空気には水深に応じて一様な水圧がかかるものとする。



1. $P_0 V_0 \log_e \left(1 - \frac{\rho g d}{P_0} \right)$
2. $P_0 V_0 \log_e \left(1 + \frac{\rho g d}{P_0} \right)$
3. $\frac{3}{2} P_0 V_0 \log_e \left(1 - \frac{\rho g d}{P_0} \right)$
4. $\frac{3}{2} P_0 V_0 \log_e \left(1 + \frac{\rho g d}{P_0} \right)$
5. $\frac{5}{2} P_0 V_0 \log_e \left(1 - \frac{\rho g d}{P_0} \right)$

【No. 74】 体積 V の輻射場のエネルギー U 、輻射の圧力 p 、及び温度 T は、次の関係式を満たす。

$$p = \frac{U}{3V}$$

$$U = \sigma T^4 V$$

ただし、 σ は正の定数である。この輻射場のエントロピー S として最も妥当なのはどれか。

1. $\frac{1}{3}\sigma T^3 V$

2. $\frac{1}{3}\sigma T^4 V$

3. $\sigma T^3 V$

4. $\frac{4}{3}\sigma T^3 V$

5. $\frac{4}{3}\sigma T^4 V$

【No. 75】 2次元空間を運動する質量 m の分子の集団があり、温度 T において各分子が速度

$\boldsymbol{v} = (v_x, v_y)$ をもつ確率は、分子の速さを $v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$ として

$$f(v_x, v_y) = \exp\left(-\frac{m}{2k_B T} v^2\right)$$

に比例する。この速度分布 $f(v_x, v_y)$ に対するある物理量 $A(v_x, v_y)$ の平均値 $\langle A \rangle$ は

$$\langle A \rangle = \frac{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} A(v_x, v_y) f(v_x, v_y) dv_x dv_y}{\int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(v_x, v_y) dv_x dv_y}$$

より求められる。 $\langle v \rangle$, $\sqrt{\langle v^2 \rangle}$, $\langle |v_x| \rangle$ の間の大小関係として最も妥当なのはどれか。

ただし、 k_B はボルツマン定数である。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。

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

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

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

1. $\langle v \rangle < \sqrt{\langle v^2 \rangle} < \langle |v_x| \rangle$
2. $\langle v \rangle < \langle |v_x| \rangle < \sqrt{\langle v^2 \rangle}$
3. $\langle |v_x| \rangle < \langle v \rangle < \sqrt{\langle v^2 \rangle}$
4. $\langle |v_x| \rangle < \sqrt{\langle v^2 \rangle} < \langle v \rangle$
5. $\sqrt{\langle v^2 \rangle} < \langle v \rangle < \langle |v_x| \rangle$

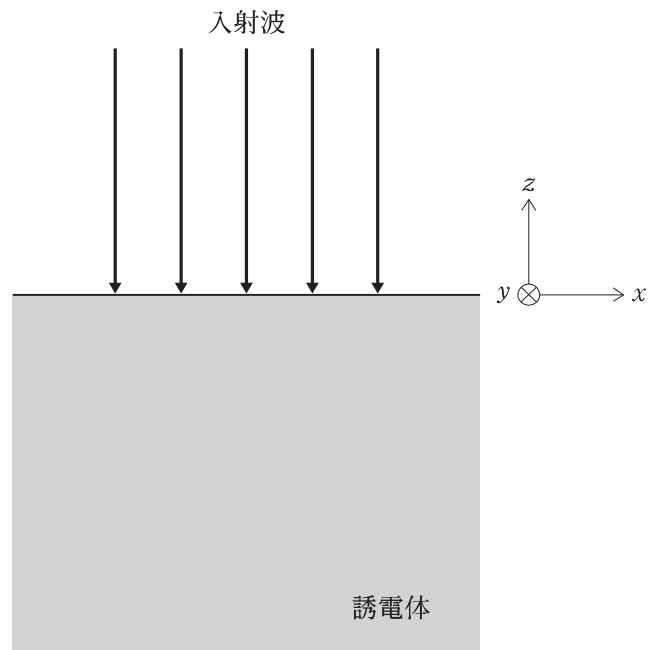
【No. 76】 図のように、 $z \leq 0$ の領域に屈折率 n の誘電体があり、 $z > 0$ の空気中から境界面 $z = 0$ に垂直に振動数 f の平面波の電磁波を入射し続けたところ、反射波と透過波が観測された。 $z > 0$ の領域における時刻 t での電磁波の電場 \mathbf{E} は x 成分にのみ値をもち、入射波の振幅を A 、反射波の振幅を B 、光速を c として

$$\mathbf{E} = \begin{pmatrix} A \cos \left\{ 2\pi f \left(t + \frac{z}{c} \right) \right\} + B \cos \left\{ 2\pi f \left(t - \frac{z}{c} \right) \right\} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

で表されるとする。境界面 $z = 0$ では \mathbf{E} 及び $\nabla \times \mathbf{E}$ は連続であるとしてよい。入射波と反射波の振幅の比 $\frac{B}{A}$ として最も妥当なのはどれか。

ただし、空気の屈折率は 1 とし、誘電体は x 、 y 軸方向及び z 軸負の方向に無限に広がっているものとする。

1. $\frac{1-n}{1+n}$
2. $\frac{1-n}{1+2n}$
3. $\frac{1-n^2}{1+n^2}$
4. $\frac{1-n^2}{1+2n^2}$
5. $\frac{1-n^2}{1+3n^2}$



【No. 77】 真空中において、図 I のように、平面 P に垂直に、十分に長い直線導体 A, B, C を距離 r ずつ隔てて同一直線上に配置し、A, B, C にそれぞれ大きさ I , $2I$, $3I$ の電流を同じ向きに流した。図 II は、図 I において X の方向から見た平面図である。このとき、B の単位長さあたりにはたらく力の合力の向きと大きさの組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、真空の透磁率を μ_0 とする。

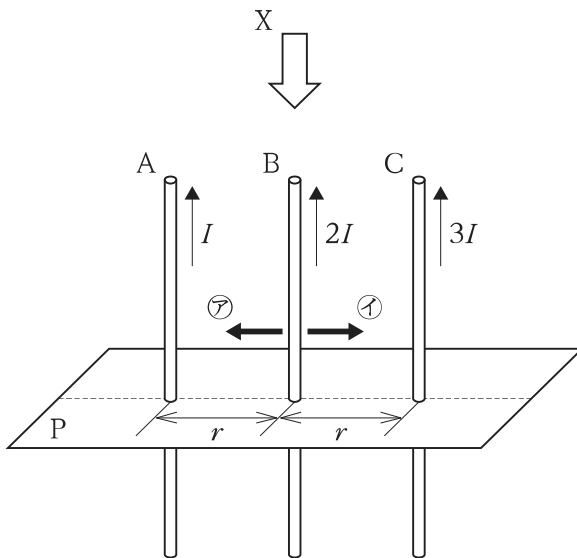


図 I

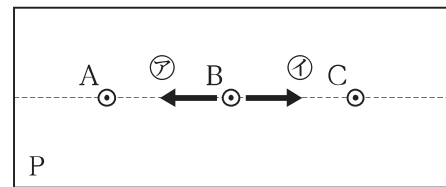


図 II

- | | 向き | 大きさ |
|----|----|----------------------------|
| 1. | ⌚ | $\frac{\mu_0 I^2}{\pi r}$ |
| 2. | ⌚ | $2\frac{\mu_0 I^2}{\pi r}$ |
| 3. | ⌚ | $\frac{\mu_0 I^2}{\pi r}$ |
| 4. | ⌚ | $2\frac{\mu_0 I^2}{\pi r}$ |
| 5. | ⌚ | $3\frac{\mu_0 I^2}{\pi r}$ |

【No. 78】 自己インダクタンス L のコイル、電気容量 C のコンデンサー、抵抗値 R の抵抗が直列に接続された LCR 回路に、一定の交流電圧を加える。この回路を流れる交流電流の振幅が、共振時の $\frac{1}{\sqrt{2}}$ となる角周波数を $\omega_1, \omega_2 (\omega_1 < \omega_2)$ とするとき、 $\omega_2 - \omega_1$ として最も妥当なのはどれか。

1. $\frac{R}{L}$
2. $\frac{1}{CR}$
3. $\frac{R}{\sqrt{LC}}$
4. $\frac{\sqrt{L}}{R\sqrt{C}}$
5. $\frac{\sqrt{C}}{R\sqrt{L}}$

【No. 79】 大きさ H_0 の一様磁場に置かれた、平板状の磁性体の内部における磁束密度の大きさに
 ついて考える。図 I のように磁場と平板面が平行である場合の磁性体内部の磁束密度の大きさを
 B_1 とし、図 II のように磁場と平板面が垂直である場合の磁性体内部の磁束密度の大きさを B_2 とす
 る。磁性体の透磁率を μ 、磁性体外部の空間の透磁率を μ_0 とするとき、 $\frac{B_1}{B_2}$ として最も妥当なの
 はどれか。

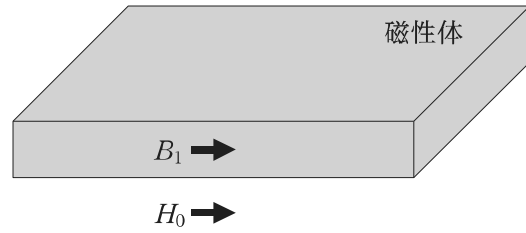


図 I

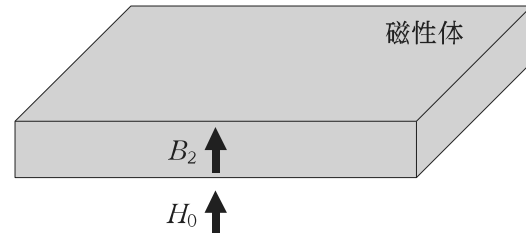


図 II

1. 1
2. $\frac{\mu}{\mu_0}$
3. $\frac{\mu_0}{\mu}$
4. $1 + \frac{\mu}{\mu_0}$
5. $1 + \frac{\mu_0}{\mu}$

【No. 80】 スピン $\frac{1}{2}$ の粒子が二つあり、スピン 1 の束縛状態を形成している。それぞれの粒子のスピン演算子を $\hat{\mathbf{S}}_1, \hat{\mathbf{S}}_2$ のように表したとき、 $\hat{\mathbf{S}}_1 \cdot \hat{\mathbf{S}}_2$ の期待値として最も妥当なのはどれか。

1. 0
2. $\frac{\hbar^2}{4}$
3. $\frac{\hbar^2}{2}$
4. $\frac{3\hbar^2}{4}$
5. $\frac{3\hbar^2}{2}$

【No. 81】 水素原子中で 1s 状態にある電子の固有関数は、原子核からの距離を r として $\psi = ae^{-\frac{r}{r_0}}$ と与えられる。このとき、電子が原子核から r と $r + dr$ との間に見いだされる確率が最大となる距離として最も妥当なのはどれか。

ただし、 a 及び r_0 は正の定数である。

1. 0
2. $\frac{r_0}{2}$
3. $\frac{r_0}{\sqrt{2}}$
4. r_0
5. $\sqrt{2}r_0$

【No. 82】 1次元の領域 $|x| \geq L$ で正のエネルギー V_0 、領域 $-L < x < L$ でエネルギー 0 の井戸型ポテンシャル中を運動する質量 m の粒子を考える。この粒子の束縛状態の固有波動関数 $\psi(x)$ は、偶関数又は奇関数になる。奇関数解が少なくとも一つ存在するための V_0 の条件として最も妥当なのはどれか。

1. $V_0 \geq \frac{\pi^2 \hbar^2}{8mL^2}$
2. $V_0 \leq \frac{\pi^2 \hbar^2}{8mL^2}$
3. $V_0 \geq \frac{\pi^2 \hbar^2}{4mL^2}$
4. $V_0 \leq \frac{\pi^2 \hbar^2}{4mL^2}$
5. $V_0 \geq \frac{\pi^2 \hbar^2}{2mL^2}$

【No. 83】 演算子 \hat{C} の行列要素を、ブラ・ケットを用いて次のように表す。

$$\langle \alpha | \hat{C} | \beta \rangle$$

同様に \hat{C} のエルミート共役演算子 \hat{C}^\dagger の行列要素を次のように表す。

$$\langle \alpha | \hat{C}^\dagger | \beta \rangle$$

この \hat{C}^\dagger の行列要素と等価な別の表現として最も妥当なのはどれか。

ただし、 z^* は z の複素共役を表す。

1. $\langle \alpha | \hat{C} | \beta \rangle^*$
2. $\langle \alpha | \hat{C}^\dagger | \beta \rangle^*$
3. $\langle \beta | \hat{C} | \alpha \rangle^*$
4. $\langle \beta | \hat{C}^\dagger | \alpha \rangle^*$
5. $\langle \beta | \hat{C}^\dagger | \alpha \rangle$

【No. 84】 交換関係 $[\hat{b}, \hat{b}^\dagger] = 1$ を満たす演算子 \hat{b} と複素数 α により、演算子 \hat{D} を

$$\hat{D} = \exp(\alpha \hat{b}^\dagger - \alpha^* \hat{b})$$

と定義すると、そのエルミート共役演算子は

$$\hat{D}^\dagger = \exp(\alpha^* \hat{b} - \alpha \hat{b}^\dagger)$$

である。ただし、 α^* は α の複素共役を表す。これらを用いて構成した演算子

$$\hat{D}^\dagger \hat{b} \hat{D}$$

と等価な表現として最も妥当なのはどれか。

なお、必要ならば、演算子 \hat{A} と演算子 \hat{B} について、 $[\hat{A}, [\hat{A}, \hat{B}]] = 0$ のときに成り立つ次の式を用いてよい。

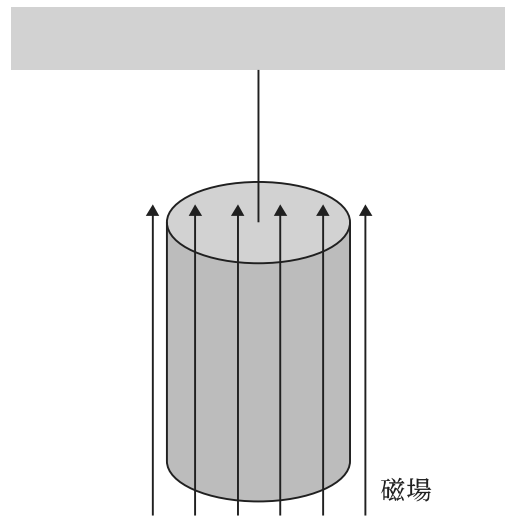
$$\exp(-\hat{A}) \hat{B} \exp(\hat{A}) = \hat{B} - [\hat{A}, \hat{B}]$$

1. \hat{b}
2. $\hat{b} + \alpha$
3. $\hat{b} - \alpha$
4. $\hat{b} + \alpha^*$
5. $\hat{b} - \alpha^*$

【No. 85】 図のように、強磁性体でできた円柱を天井から細いひもでつるし、鉛直上向きに一樣な磁場をかけて円柱を静止させたまま飽和するまで磁化させた。次に円柱を中心軸周りに摩擦なしで自由に回転できるようにした後、鉛直下向きに一樣な磁場をかけたところ、円柱ははじめと逆向きに飽和するまで磁化して角速度 ω で回転した。電子のスピンが反転したことにより円柱の磁気モーメントが変化したと考えたとき、円柱全体の磁気モーメントの変化量の大きさとして最も妥当なのはどれか。

ただし、円柱の中心軸周りの慣性モーメントを I とする。また、電子の質量を m 、電荷を $-e$ 、スピン演算子を \hat{S} とすると、電子の固有磁気モーメントの演算子は $\hat{\mu} = -\frac{ge}{2m}\hat{S}$ で与えられる。 g は g 因子と呼ばれる係数である。

1. $\frac{geI\omega}{2m}$
2. $\frac{3geI\omega}{4m}$
3. $\frac{3geI\omega}{2m}$
4. $\frac{2geI\omega}{m}$
5. $\frac{3geI\omega}{m}$



【No. 86】 3次元で波数ベクトルの大きさ K の光学フォノンについて考える。 $K = 0$ の近傍で、角振動数の波数依存性が $\omega(K) = \omega_0 - AK^2$ で表されるとき、この光学フォノンについて $\omega \approx \omega_0$ における状態密度 $D(\omega)$ の ω 依存性を表すものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、 ω_0 及び A は正の定数である。

- | $\omega > \omega_0$ のとき | $\omega < \omega_0$ のとき |
|--|---|
| 1. $D(\omega) = 0$ | $D(\omega) \propto (\omega_0 - \omega)^{\frac{1}{3}}$ |
| 2. $D(\omega) = 0$ | $D(\omega) \propto (\omega_0 - \omega)^{\frac{1}{2}}$ |
| 3. $D(\omega) \propto (\omega - \omega_0)^{\frac{1}{3}}$ | $D(\omega) \propto (\omega_0 - \omega)^{\frac{2}{3}}$ |
| 4. $D(\omega) \propto (\omega - \omega_0)^{\frac{1}{2}}$ | $D(\omega) = 0$ |
| 5. $D(\omega) \propto (\omega - \omega_0)^{\frac{2}{3}}$ | $D(\omega) = 0$ |

【No. 87】 発光ダイオードは、半導体の伝導帯に注入された電子と価電子帯に注入された正孔が p-n 接合で再結合するときに光子を放出することをを用いる光源である。化合物半導体 GaAs 結晶の室温における物性パラメータを以下の表に示す。この GaAs 半導体の p-n 接合を用いた発光ダイオードの室温における発光波長として最も妥当なのは次のうちではどれか。

なお、必要ならば、光速 c 、プランク定数 h 、電気素量 e とするとき、 $\frac{ch}{e} \approx 1.2 \times 10^{-6} \text{ V}\cdot\text{m}$ であることを用いてよい。

表：GaAs 結晶の物性パラメータ

結晶構造	閃亜鉛鉱型
格子定数	0.565 nm
バンドギャップの型	直接遷移型
バンドギャップの値	1.43 eV
比誘電率	13.1

1. 370 nm
2. 570 nm
3. 670 nm
4. 840 nm
5. 1200 nm

【No. 88】 一様な電場 \mathbf{E} に置かれた電気双極子モーメント $\boldsymbol{\mu}$ の相互作用エネルギーは

$$V(\theta) = -\boldsymbol{\mu} \cdot \mathbf{E} = -\mu E \cos \theta$$

と表される。ここで、 E 、 μ は電場と電気双極子モーメントの大きさ、 θ は電場と電気双極子のなす角度である。この電気双極子モーメントが温度 T の熱浴と熱平衡状態にあるとき、電気双極子モーメントの電場方向成分の熱平均として最も妥当なのはどれか。

ただし、 k_B はボルツマン定数である。

1. $\mu \tanh \frac{\mu E}{k_B T}$
2. $\mu \coth \frac{\mu E}{k_B T}$
3. $\mu \left(\sinh \frac{\mu E}{k_B T} - \frac{\mu E}{k_B T} \right)$
4. $\mu \left(\tanh \frac{\mu E}{k_B T} - \frac{\mu E}{k_B T} \right)$
5. $\mu \left(\coth \frac{\mu E}{k_B T} - \frac{k_B T}{\mu E} \right)$

【No. 89】 周期 a の 1 次元周期ポテンシャル $V(x) = V(x + a)$ 中を運動する粒子の波動関数 $\psi_k(x)$ は

$$\psi_k(x + a) = e^{ika} \psi_k(x)$$

の関係を満たすことが知られている。ここで、 k は $-\frac{\pi}{a} \leq k < \frac{\pi}{a}$ を満たす任意の実数である。任意の実関数を $\phi(x)$ として、この関係を満たす波動関数の表式は次のうちではどれか。

1. $\psi_k(x) = \phi(x) e^{-ikx}$
2. $\psi_k(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \phi(x - an) e^{ikn}$
3. $\psi_k(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \phi(x - an) e^{ik(x-an)}$
4. $\psi_k(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \phi(x - an) \sin(kan)$
5. $\psi_k(x) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \phi(x - an) \sin k(x - an)$

【No. 90】 太陽系のある仮想的な地球型惑星について、大気をもたない状態(図 I)と、1層の大気に覆われた状態(図 II)、それぞれの熱的な平衡状態を水平一様なモデルで考える。太陽からの放射が、単位時間・単位面積当たり $I = 486 \text{ W/m}^2$ だけ垂直に入射している。惑星の表面は全ての波長領域に対して黒体であるとする。大気(温度 T_a)は太陽からの放射に対して透明である一方、惑星からの放射を全て吸収するとともに、自らも宇宙空間及び惑星へ黒体放射をしている。放射以外による熱の移動は考えない。図 I、図 II における惑星の表面温度をそれぞれ T_1 、 T_2 とするとき、大気が存在することによる温度上昇 $T_2 - T_1$ として最も妥当なのはどれか。

ただし、単に惑星といった場合は、大気を含まない惑星の固体部分をいう。また、絶対温度 $T[\text{K}]$ をもつ黒体表面においては、単位時間・単位面積当たり $\sigma T^4 [\text{W/m}^2]$ のエネルギーが放射される。ここで、 σ はステファン=ボルツマン定数であり、 $\sigma = 6 \times 10^{-8} \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K}^4)$ とする。
 なお、必要ならば、 $2^{\frac{1}{4}} = 1.19$ を用いてよい。

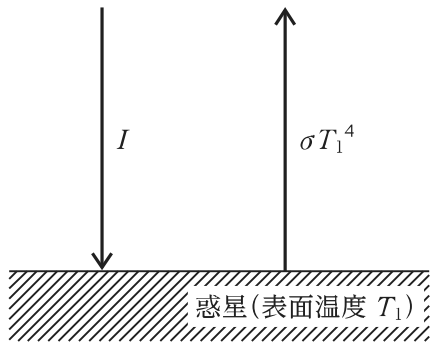


図 I

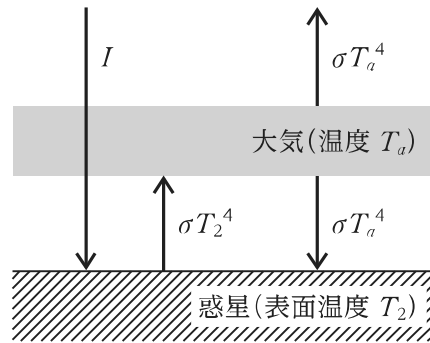


図 II

1. 19 K
2. 33 K
3. 40 K
4. 57 K
5. 72 K

【No. 91】 雲粒の形成に関する次の記述の㉠、㉡、㉢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。

「不純物の存在しない仮想的な等温等圧環境において水蒸気が凝結し体積 V の液体の水となるとき、ギブスの自由エネルギーは $nVkT \ln\left(\frac{e}{e_s}\right)$ だけ減少する。ここで、 n は単位体積当たりの水分子数、 k はボルツマン定数、 T は絶対温度、 e はその場の水蒸気圧、 e_s は平面の水に対する飽和水蒸気圧であり、過飽和の状態 ($e > e_s$) にあるとする。同時に、凝結により生じた水の表面積が S であるとき、水の表面張力を σ として表面自由エネルギーは σS だけ増加する。よって、凝結により球形の雲粒 (半径 R) がつくられるとき、系全体の自由エネルギーの変化 ΔE は

$$\Delta E = 4\pi R^2 \sigma - \frac{4}{3}\pi R^3 nkT \ln\left(\frac{e}{e_s}\right)$$

と表される。これを R の関数と捉えたとき、 R は系全体の自由エネルギーを減らすように自発的に変化する。よって、半径が ㉠ より小さな雲粒は ㉡ する傾向にあり、㉠ より大きな雲粒は ㉢ する傾向にある。」

㉠	㉡	㉢
1. $\frac{\sigma}{nkT \ln\left(\frac{e}{e_s}\right)}$	凝結成長	蒸発
2. $\frac{2\sigma}{nkT \ln\left(\frac{e}{e_s}\right)}$	凝結成長	蒸発
3. $\frac{2\sigma}{nkT \ln\left(\frac{e}{e_s}\right)}$	蒸発	凝結成長
4. $\frac{3\sigma}{nkT \ln\left(\frac{e}{e_s}\right)}$	凝結成長	蒸発
5. $\frac{3\sigma}{nkT \ln\left(\frac{e}{e_s}\right)}$	蒸発	凝結成長

【No. 92】 乾燥大気の鉛直 1 次元運動を考える。上向き鉛直座標を z とし、重力加速度の大きさを g とする。基本場は気温 T_0 の等温大気で、静力学平衡の状態

$$0 = -\frac{1}{\bar{\rho}} \frac{\partial \bar{p}}{\partial z} - g$$

にあるとする。ここで、 $\bar{\rho}$ と \bar{p} はそれぞれ基本場の密度と圧力であり、いずれも z の関数である。

この基本場の中にある空気塊の動きをラグランジュ的に表すと、その空気塊の運動方程式は

$$\frac{dw}{dt} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial z} - g$$

である。ここで、 t は時間、 w は空気塊の鉛直速度、 ρ は空気塊の密度であり、空気塊の圧力は基本場のそれと等しい。空気塊の鉛直速度 w は、空気塊の高さ z と $w = \frac{dz}{dt}$ の関係にある。また、空気塊の鉛直運動に伴って空気塊の温度 T は断熱的に変化し、高さ z にあるとき $T = T_0 - \Gamma_d z$ であるとする。ここで、 $\Gamma_d (> 0)$ は乾燥断熱減率である。

はじめ $z = 0$ にあるこの空気塊に微小な鉛直速度を与えると、空気塊の高さ z は A と ω を実定数として $z = A \sin \omega t$ のように振動する。このときの ω として最も妥当なのはどれか。

ただし、乾燥大気の気体定数を R_d とし、圧力 p 、密度 ρ 、温度 T をもつ気体は状態方程式 $p = \rho R_d T$ に従う。

1. $\sqrt{\frac{g\Gamma_d}{T_0}}$
2. $2\pi\sqrt{\frac{g\Gamma_d}{T_0}}$
3. $2\pi\sqrt{\frac{g\Gamma_d}{R_d}}$
4. $\sqrt{\frac{gT_0}{\Gamma_d}}$
5. $2\pi\sqrt{\frac{gT_0}{\Gamma_d}}$

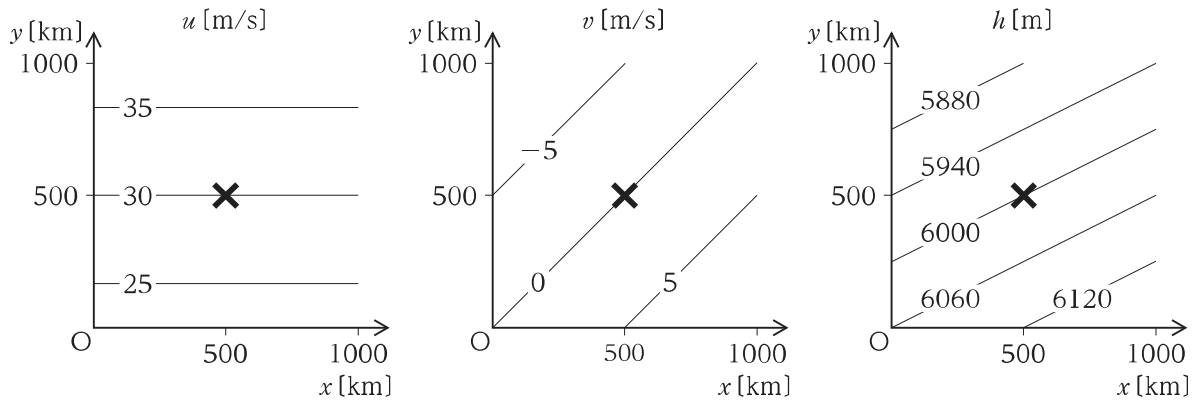
【No. 93】 等気圧面(x, y)内の仮想的な大気の水平運動を考える。水平流を(u, v)としたとき、運動方程式は次のようになる。

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} + f_0 v - g \frac{\partial h}{\partial x}$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - f_0 u - g \frac{\partial h}{\partial y}$$

ここで、 t は時間、 h はジオポテンシャル高度である。 $g = 10 \text{ m/s}^2$ と $f_0 = 10^{-4} \text{ s}^{-1}$ は重力加速度の大きさとコリオリパラメータで、それぞれ定数とする。

図は、初期時刻におけるある地域の u, v, h の分布を等値線で示したものであり、等値線の間では値は一定の割合で変化しているものとする。微小時間 Δt [s]が経過した後の図中 \times 印の地点における u, v の値として最も妥当なのはどれか。



- | u [m/s] | v [m/s] |
|---------------------------------------|------------------------------|
| 1. $30 - 1.2 \times 10^{-3} \Delta t$ | $-9 \times 10^{-4} \Delta t$ |
| 2. $30 - 1.2 \times 10^{-3} \Delta t$ | $-3 \times 10^{-4} \Delta t$ |
| 3. $30 - 1.2 \times 10^{-3} \Delta t$ | $3 \times 10^{-4} \Delta t$ |
| 4. $30 + 1.2 \times 10^{-3} \Delta t$ | $-9 \times 10^{-4} \Delta t$ |
| 5. $30 + 1.2 \times 10^{-3} \Delta t$ | $3 \times 10^{-4} \Delta t$ |

【No. 94】 海水の運動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。

「 z が鉛直上向き、海面で $z = 0$ となるよう直交座標系 (x, y, z) をとり、海水の流速を (u, v, w) で表す。海面に (x, y) 方向の風応力 (τ_x, τ_y) が働いているとき、適当な仮定の下でコリオリ力と風応力の釣合いを考えると、海面付近で鉛直積算した海水の水平輸送量 (U, V) は

$$U \equiv \int_{-D}^0 u dz = \frac{\tau_y}{\rho f_0}$$

$$V \equiv \int_{-D}^0 v dz = -\frac{\tau_x}{\rho f_0}$$

となることが知られている。ここで、 ρ は海水の密度、 f_0 はコリオリパラメータで、どちらも定数とする。この水平輸送をエクマン輸送と呼び、この輸送が行われる海洋表層をエクマン層と呼ぶ。 D はエクマン層の厚みであるが、以下の記述は D の具体的な値によらない。

定常状態を考えると、海面の上下動が存在しないため海面において $w = 0$ である。また、非圧縮性流体における連続の式

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

が成り立つ。よって、エクマン層における水平輸送量の発散はエクマン層下端 ($z = -D$) における

㉞ を伴う。この鉛直流の速度は ㉟ となる。」

- | ㉞ | ㉟ |
|--------|--|
| 1. 下降流 | $\frac{1}{\rho f_0} \left(\frac{\partial \tau_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_y}{\partial y} \right)$ |
| 2. 下降流 | $\frac{1}{\rho f_0} \left(\frac{\partial \tau_y}{\partial x} - \frac{\partial \tau_x}{\partial y} \right)$ |
| 3. 下降流 | $\frac{1}{\rho f_0} \left(-\frac{\partial \tau_y}{\partial x} + \frac{\partial \tau_x}{\partial y} \right)$ |
| 4. 上昇流 | $\frac{1}{\rho f_0} \left(\frac{\partial \tau_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_y}{\partial y} \right)$ |
| 5. 上昇流 | $\frac{1}{\rho f_0} \left(\frac{\partial \tau_y}{\partial x} - \frac{\partial \tau_x}{\partial y} \right)$ |

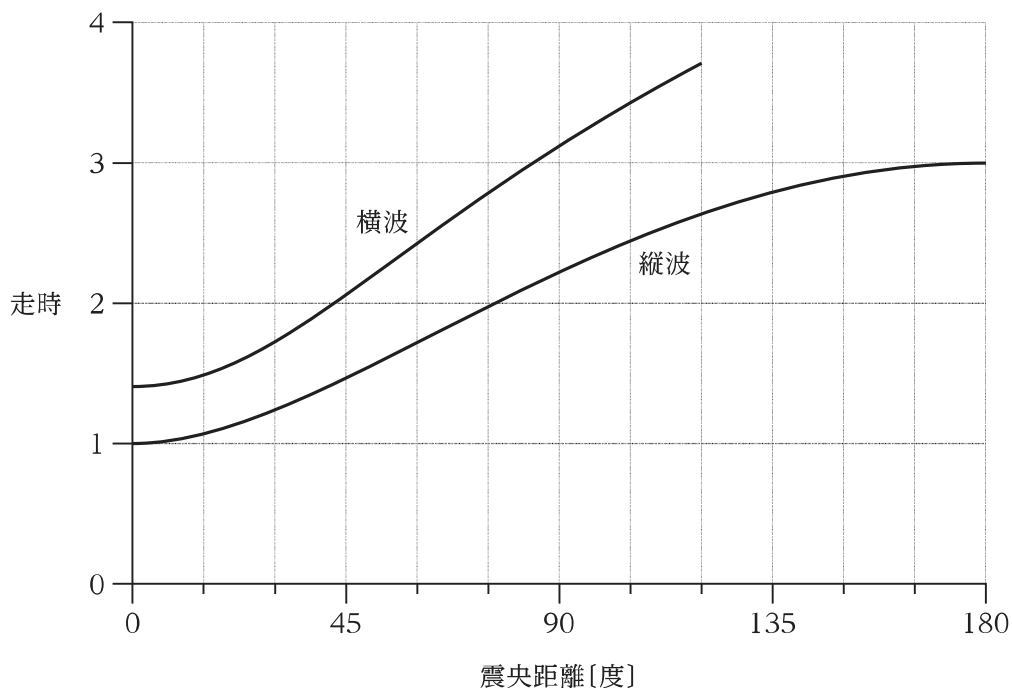
【No. 95】 半径 R の球形の惑星がある。この惑星は、中心に球形で液体の核があり、その外側に固体のマントルがある。マントルは地震波の縦波と横波を通すが、核は横波を通さない。この惑星の内部で地震が発生したとき、惑星の表面において地震波を観測したところ、縦波と横波の直達波について図のような走時曲線が得られた。図の縦軸の単位は任意であり、走時は地震発生時からの経過時間である。震央距離 120 度以上では、横波は観測されなかった。このとき、核の半径として最も妥当なのはどれか。

ただし、縦波の速度は惑星全体において一定であり、横波の速度はマントル内部において一定であるとする。また、地震波の屈折及び反射は考えない。

なお、必要ならば、次の値を用いてよい。

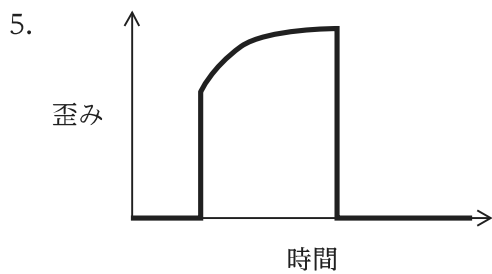
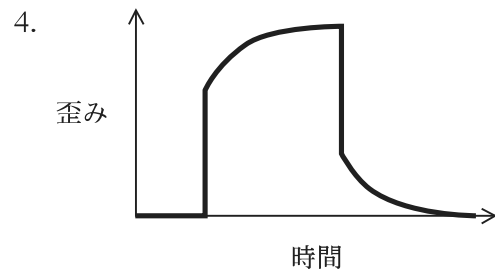
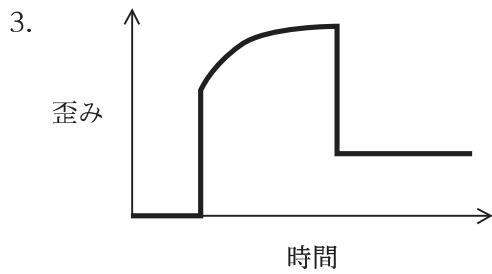
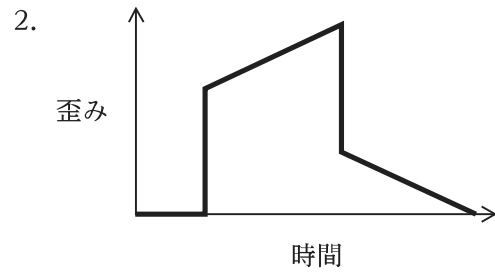
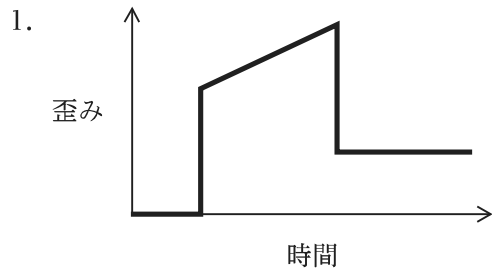
$$\sqrt{2} = 1.414, \sqrt{3} = 1.732, \sqrt{5} = 2.236,$$

$$\sqrt{7} = 2.646, \sqrt{11} = 3.317, \sqrt{13} = 3.606$$



1. $0.24 R$
2. $0.33 R$
3. $0.41 R$
4. $0.50 R$
5. $0.58 R$

【No. 96】 粘弾性の性質を表すモデルのうち、弾性的要素であるバネと粘性的要素であるダッシュポットが直列に接続されているものをマクスウェル物質という。そのような物質に対して、ある時刻に急激に応力を加え、応力を一定に保った後、急激に応力を取り除いた。物質の歪みの時間変化として最も妥当なのはどれか。



【No. 97】 地球は剛体ではなく、弾性体としての性質をもつため、月や太陽による潮汐力によって変形する。潮汐力のポテンシャルを V とすると、地表面における固体地球の半径方向の変位 u は

$$u = \frac{h}{g} V$$

と表される。ただし、 g は重力加速度の大きさである。また、地球の弾性変形によるポテンシャルの変化分 ΔV は

$$\Delta V = kV$$

で与えられる。 h 及び k は、ラブ数と呼ばれる無次元のパラメータである。

検潮所では、海岸に固定された装置によって、潮位の変化を観測している。平衡潮を仮定したとき、固体地球が剛体であれば、観測される潮位は $\frac{V}{g}$ となる。固体地球の弾性を考慮に入れた場合、観測される潮位は、これにある係数 δ がかって $\delta \frac{V}{g}$ となる。ラブ数を用いて δ を表したもののとして最も妥当なのはどれか。

1. $k - h$
2. $k + h$
3. $1 + k - h$
4. $1 - k + h$
5. $1 + k + h$

【No. 98】 宇宙空間に孤立した球形の天体がある。この天体は球対称な内部構造をもち、内側の領域Ⅰと、それを囲む外側の領域Ⅱから成る。領域Ⅰの密度は ρ_1 、領域Ⅱの密度は ρ_2 で、それぞれ一定である。また、 $\rho_1 > \rho_2 > 0$ である。領域Ⅰと領域Ⅱとの境界は、半径 r_1 の球面であり、天体全体の半径は r_2 である。いま $\frac{\rho_1}{\rho_2} = 2.4$ であるとする、領域Ⅱの内部における重力加速度の大きさは、中心から距離 cr_1 の位置において極小値をとる。 c の値として最も妥当なのはどれか。

ただし、 r_1 は r_2 より十分小さいものとし、天体の自転による遠心力は考慮しないものとする。

1. 1.1
2. 1.2
3. 1.3
4. 1.4
5. 1.5

【No. 99】 地磁気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。

「球座標系 (r, θ, φ) において、地球の磁気ポテンシャルを球面調和関数で展開すると

$$W(r, \theta, \varphi) = \frac{a}{\mu_0} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{m=0}^n \left(\frac{a}{r}\right)^{n+1} [g_n^m \cos m\varphi + h_n^m \sin m\varphi] P_n^m(\cos \theta)$$

のように表現される。ここで、 a は地球の半径、 μ_0 は真空の透磁率、 $P_n^m(\cos \theta)$ はルジャンドル陪関数である。ここに現れる係数 g_n^m 及び h_n^m は、地磁気ガウス係数と呼ばれる。点 $\mathbf{r} = (r, \theta, \varphi)$ における磁束密度 \mathbf{B} は、

$$\mathbf{B} = -\mu_0 \nabla W$$

で与えられる。例えば、地表における地磁気 3 成分のうち、北向きの成分は、磁気ポテンシャル W を用いて ㉞ と表される。

一方、地球の磁場は、地球の中心に置かれた、ほぼ南北方向を向いた磁気双極子がつくる磁場でよく近似される。直交座標系 (x, y, z) を考え、磁気双極子の磁気モーメントを $\mathbf{m} = (m_x, m_y, m_z)$ とすると、これによる磁気ポテンシャルは、点 $\mathbf{r} = (x, y, z)$ において

$$V(\mathbf{r}) = \frac{\mathbf{m} \cdot \mathbf{r}}{4\pi r^3} = \frac{m_x x + m_y y + m_z z}{4\pi r^3}$$

で与えられる。ただし、 z 軸は南北方向であり、 $r = |\mathbf{r}|$ である。

以上のことから、地磁気ガウス係数の中で絶対値が最大のものは ㉟ であり、その符号は ㊱ であることが分かる。

ただし、直交座標系 (x, y, z) と球座標系 (r, θ, φ) との関係は

$$x = r \sin \theta \cos \varphi$$

$$y = r \sin \theta \sin \varphi$$

$$z = r \cos \theta$$

と表され、 $n = 0, 1, 2$ に対するルジャンドル陪関数 $P_n^m(\cos \theta)$ は

$$P_0^0(\cos \theta) = 1$$

$$P_1^0(\cos \theta) = \cos \theta$$

$$P_1^1(\cos \theta) = \sin \theta$$

$$P_2^0(\cos \theta) = \frac{1}{4}(1 + 3 \cos 2\theta)$$

$$P_2^1(\cos \theta) = \frac{3}{2} \sin 2\theta$$

$$P_2^2(\cos \theta) = \frac{3}{2}(1 - \cos 2\theta)$$

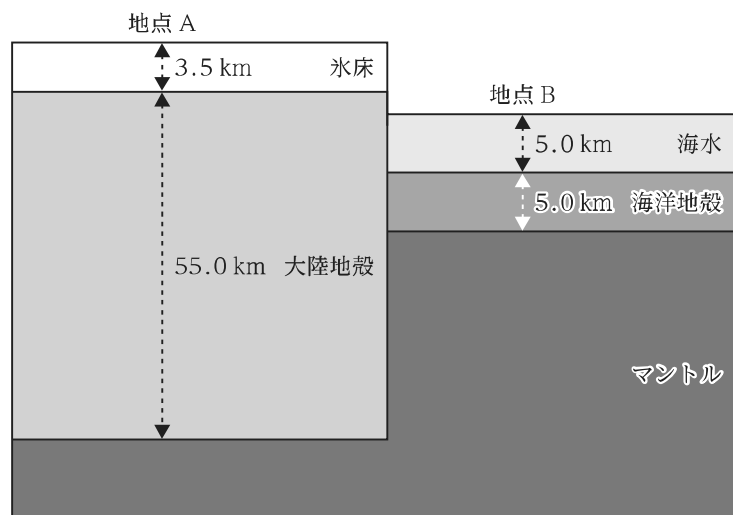
で与えられる。」

	⑦	①	⑤
1.	$\mu_0 \frac{\partial W}{r \partial \theta}$	g_1^0	負
2.	$\mu_0 \frac{\partial W}{r \partial \theta}$	g_1^1	正
3.	$-\mu_0 \frac{\partial W}{r \partial \theta}$	g_1^0	正
4.	$-\mu_0 \frac{\partial W}{r \partial \theta}$	g_1^0	負
5.	$-\mu_0 \frac{\partial W}{r \partial \theta}$	g_1^1	正

【No. 100】 図は、地表付近の模式的な断面図であり、全ての地点においてアイソスタシーが成立している。例えば、地点 A においてはマンツルの上に大陸地殻が浮かび、その上に氷床が発達している。また、地点 B においてはマンツルの上に海洋地殻が浮かび、その上に海水が載っている。あるとき氷床が全て融解し、海の深度が 0.5 km 増加し、再びアイソスタシーが成立した。このとき、地点 A における大陸地殻の隆起量と隆起後の海拔の組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、大陸地殻の隆起量は、マンツル内のある基準面からの上昇量をいう。また、マンツルの密度は 3.3 g/cm^3 、大陸地殻の密度は 2.7 g/cm^3 、氷床の密度は 1.0 g/cm^3 、海洋地殻の密度は 3.0 g/cm^3 、海水の密度は 1.0 g/cm^3 とし、物質にかかる重力加速度の大きさは地点によらず g で一定とする。

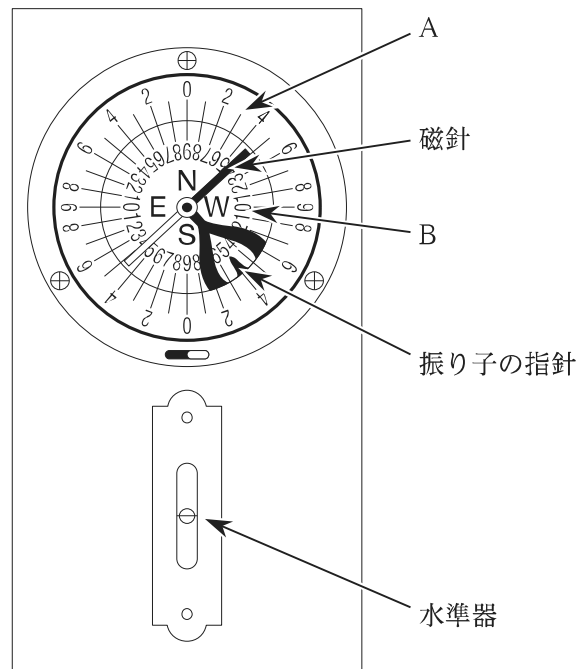
	隆起量	海拔
1.	0.2 km	4.7 km
2.	0.2 km	5.7 km
3.	1.2 km	5.7 km
4.	1.2 km	6.7 km
5.	2.2 km	6.7 km



【No. 101】 図は、地質調査に用いるクリノメーターという道具である。このクリノメーターを用いて層理面の走向傾斜を測定する方法に関する記述㉠～㉤のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉠ 水準器を用いてクリノメーターを水平に保ち、長辺が走向線に一致するように層理面に当てて走向を測定する。
- ㉡ 走向を測定する際には、目盛り A を用いて磁北からの角度を読み取る。
- ㉢ 走向を測定し終わったら、層理面上に短辺を当ててクリノメーターを立てて、傾斜を測定する。
- ㉤ 傾斜は水平面からの角度で表し、目盛り B と振り子の指針を用いて測定する。

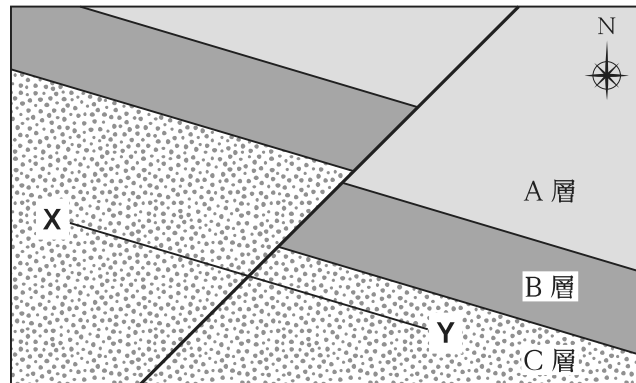
1. ㉠、㉡
2. ㉠、㉡、㉢
3. ㉠、㉡、㉤
4. ㉡、㉢、㉤
5. ㉢、㉤



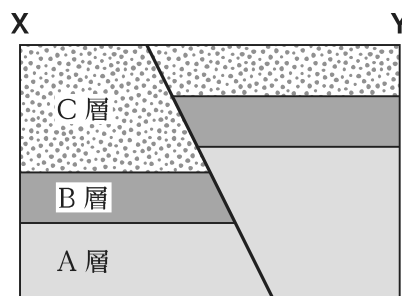
【No. 102】 断層に関する次の記述の下線部㉗～㉚のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

「断層とは、地層・岩石の変位を伴う不連続面であり、㉗延性的な変形が卓越する地下深部で形成される。断層面に沿った実変位(実移動)は、㉘水平面における走向変位と垂直断面における傾斜変位に分解できる。

図は、A層、B層、C層とこれらを変位させた断層を表した地質平面図、及びX-Yでの地質断面図である。A層、B層、C層は互いに平行な地層群で、この断層以外の変形を被っていないとし、また断層活動は1回のみで、断層面に沿った地層群の回転は伴わないものとする。この図では、A層、B層、C層は㉙南東に傾斜しており、運動学的分類としてこの断層は㉚右横ずれ逆断層であると判断できる。」



地質平面図



地質断面図

1. ㉗
2. ㉗、㉘、㉙
3. ㉗、㉘、㉚
4. ㉘
5. ㉘、㉚

【No. 103】 地震に関する記述㉗～㉞のうち、妥当なもののみを挙げているのはどれか。

- ㉗ マグニチュードが8以上の地震は全て沈み込み帯で発生している。
- ㉘ 東北日本で沈み込む太平洋プレートでは二重深発地震面が観測されており、上の面と下の面ではタイプの異なる地震が発生している。
- ㉙ 地球内部の高温・高圧下では、地震を起こすために必要なひずみを十分に蓄えることができないため、深くなるに従って地震発生頻度は単調に減少し、600 km 以深では発生しない。
- ㉞ プレート境界の一部には、強く固着し、ひずみを蓄積している領域(アスペリティ)があると考えられている。この領域が地震時に大きくずれることで、蓄積していたひずみが解放される。

1. ㉗、㉘
2. ㉗、㉙
3. ㉘、㉙
4. ㉘、㉞
5. ㉙、㉞

【No. 104】 ある地域において地質調査を実施し、図のようなルートマップを作成した。

この地域には、結晶片岩が基盤として露出し、その上位に砂岩、砂岩泥岩互層、シルト岩、泥岩、石灰岩及び玄武岩が順に累重する。地点①では、結晶片岩と砂岩泥岩互層が、走向が $N7^{\circ}W$ 、傾斜が $75^{\circ}W$ の断層で接する露頭が見られた。地点②では、地点①と同じ結晶片岩が砂岩に接する露頭が見られた。結晶片岩と砂岩の境界は、露頭内では不規則な凹凸のある面として観察されるが、全体的に北北西-南南東走向で東北東に約 20° で傾斜している。また砂岩の基底部には、結晶片岩の礫が多く含まれている。地点③では、砂岩泥岩互層中の砂岩層の底面に下に突出したフルートキャストが多く観察された。地点④では、枕状構造をもつ玄武岩が石灰岩に接する露頭が見られた。玄武岩と石灰岩の境界を追跡すると、等高線にほぼ平行な分布をしていることが分かった。

なお、各地層の層厚には著しい変化はなく、堆積面や地層面は元々水平であったとする。

著作権の関係のため、掲載できません。

この地域の地質に関する記述㉑～㉔のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉑ 地点①の断層は、横ずれの変位成分が小さいとすると、正断層である。
- ㉒ 地点②の露頭観察から、結晶片岩の上位に砂岩が整合で堆積したことが分かる。
- ㉓ 地点③で観察されたフルートキャストに基づくと、西側が上位であると判断できる。
- ㉔ 地点④の玄武岩は、石灰岩に貫入した岩床である。
- ㉕ この地域には、軸面が東に傾斜した向斜が形成されている。

1. ㉠、㉡、㉢
2. ㉠、㉣、㉤
3. ㉠、㉤
4. ㉡、㉣、㉢
5. ㉣、㉤

【No. 105】 堆積物重力流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。

「大陸棚末端や大陸斜面上部に堆積した土砂は不安定な状態で、地震などをきっかけに崩壊し、水と混合して、高速度で大陸斜面を流れ下ることがある。このような流れは堆積物重力流と呼ばれる。粘土・シルトなどの細粒な粒子の濃度が非常に高いと、高い密度により生じる浮力や、流体の降伏応力などの物理的性質によって、礫などの粗粒な粒子が持ち上げられながら下方へ運搬される。堆積物重力流のうち、このような高密度の流れは ㉞ と呼ばれ、減速が始まると急激に停止して厚い堆積物を残す。一方、濃度が低い流れでは粒子どうしが接触せず、内部の渦によって粒子が巻き上げられながら流れが前進していく。このような低密度の流れによって堆積した堆積物を ㉟ といい、㊱ などの特徴的な堆積構造が発達する。」

	㉞	㉟	㊱
1. 混濁流	タービダイト	ハンモック状斜交層理	
2. 混濁流	ラグ堆積物	級化層理	
3. 水中土石流	タービダイト	ハンモック状斜交層理	
4. 水中土石流	タービダイト	級化層理	
5. 水中土石流	ラグ堆積物	ハンモック状斜交層理	

【No. 106】 津波堆積物に関する記述㉞～㉟のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉞ 沿岸の泥炭地は津波堆積物がよく保存されている場合が多い。
- ㉟ 津波が一気に遡上するため、津波堆積物は一般に海岸から離れるにつれ層厚が厚くなり、粗粒化する傾向がある。
- ㊱ 津波堆積物の主な構成物質は、遠洋性の泥やプランクトンの殻である。
- ㊲ 隕石衝突により津波が発生することが知られているが、この場合、津波堆積物は生成されない。

1. ㉞
2. ㉞、㉟
3. ㉟、㊱
4. ㊱、㊲
5. ㊲

【No. 107】 次の記述㉖～㉙のうち、ウラン(^{238}U , ^{235}U)-鉛(^{206}Pb , ^{207}Pb)を使った放射年代測定法(ウラン-鉛法)に関する説明として妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉖ 親核種はマグマ中に豊富に存在するが、娘核種は揮発しやすいためマグマ中にはほとんど存在しない。
- ㉗ ジルコンが晶出する際、親核種は取り込まれやすく、娘核種は取り込まれにくい。
- ㉘ 親核種の放射壊変によって生じた結晶中の格子欠陥や損傷にとらえられた電子を信号として計測する。
- ㉙ この放射壊変の半減期は約 5730 年である。

1. ㉖
2. ㉖、㉙
3. ㉗
4. ㉗、㉘
5. ㉘、㉙

【No. 108】 初期の生命に関する次の記述の㉚～㉜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。

「グリーンランドの約 38 億年前の堆積岩中には、炭素質の微粒子が含まれていることがある。この微粒子は構成する炭素の安定同位体比($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)が比較的 ㉚ ことから、生物が合成した有機物を起源とすると考えられている。オーストラリアのピルバラ地域では、約 35 億年前の細粒で SiO_2 に富む堆積岩から微小構造物が発見され、これを ㉛ 周辺で生息していた ㉜ の化石とみなす考え方がある。現在の深海の ㉛ 周辺にも、地殻内部を起源とする ㉝ などの物質を材料とした化学合成に依存する生物群集が発達し、初期の生態系を研究する上で重要視されている。」

- | | ㉚ | ㉛ | ㉜ | ㉝ |
|-------|-------|--------|------|------|
| 1. 高い | 熱水噴出孔 | 従属栄養生物 | 硫化水素 | 酸化鉄 |
| 2. 高い | 熱水噴出孔 | 独立栄養生物 | 硫化水素 | 酸化鉄 |
| 3. 高い | 冷水湧出帯 | 従属栄養生物 | 酸化鉄 | 硫化水素 |
| 4. 低い | 熱水噴出孔 | 独立栄養生物 | 硫化水素 | 酸化鉄 |
| 5. 低い | 冷水湧出帯 | 独立栄養生物 | 酸化鉄 | 硫化水素 |

【No. 109】 火山地形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。

「火山には、一つの火道につき 1 回だけ噴火する単成火山と、同じ火道で複数回噴火する複成火山がある。単成火山で見られる地形としては、火砕丘(スコリア丘)、溶岩ドーム(溶岩円頂丘)、㉖がある。日本国内にある火砕丘(スコリア丘)の例としては㉗が、溶岩ドーム(溶岩円頂丘)の例としては昭和新山が挙げられる。一方、複成火山で見られる地形としては、溶岩台地、盾状火山、成層火山がある。インド・デカン高原は大量の㉘溶岩で形成された溶岩台地である。また、ハワイ・マウナロア火山は㉙火山の例として有名である。」

- | ㉖ | ㉗ | ㉘ | ㉙ |
|--------|-----|-----|----|
| 1. サージ | 富士山 | 玄武岩 | 盾状 |
| 2. サージ | 富士山 | 流紋岩 | 盾状 |
| 3. マール | 大室山 | 玄武岩 | 盾状 |
| 4. マール | 大室山 | 流紋岩 | 成層 |
| 5. マール | 富士山 | 玄武岩 | 成層 |

【No. 110】 火山災害に関する記述㉚～㉝のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉚ 世界における 1900-1986 年の火山災害による死亡者数を原因別で見ると、「火砕流・岩屑なだれ」による死亡者数が「降下火砕物・噴石」による死亡者数よりも多い。
- ㉛ 西インド諸島マルティニク島のプレー火山では、1902 年 5 月 8 日に成長中の溶岩ドームの爆発により火砕流が発生し、約 29,000 名の死者が出た。同じ発生機構の火砕流は、雲仙・普賢岳で 1991 年 6 月 3 日に起きており、43 名の死者が出た。
- ㉜ 南米コロンビアのネバドデルルス火山では 1985 年 11 月 13 日に噴火に伴って泥流(ラハール)が発生し、20,000 名以上が死亡した。積雪の多い日本の火山でも噴火に伴う泥流による被害が心配されているが、20 世紀には死者は出なかった。
- ㉝ カメルーンのニオス湖では、1986 年 8 月 21 日に火山性の CO₂ ガスが地表に大量に放出され、湖の周辺の住民 1,700 名以上が死亡した。日本においても 1971 年 12 月 27 日と 1976 年 8 月 3 日に火山性の CO₂ ガスによる災害が草津白根山で発生し、死者が出た。

1. ㉚
2. ㉚、㉛
3. ㉚、㉜
4. ㉛、㉝
5. ㉝

【No. 111】 隕石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。

「隕石は、母天体の進化の程度により、㉞ と分化隕石に大きく分けられる。㉞ は、太陽系生成初期に形成された隕石であり、天体形成後に熱や圧力による大きな組成変化を受けていない物質である。分化隕石のうち石質のエコンドライトは、火成岩組織を呈し㉟ したような化学組成をもつ場合が多い。母天体中における㉟ は、多くの㊱ の成因でもあると考えられている。」

- | ㉞ | ㉟ | ㊱ |
|-----------|-------|--------|
| 1. 鉄隕石 | 溶融分化 | コンドライト |
| 2. 鉄隕石 | マグマ混合 | コンドルール |
| 3. コンドライト | 溶融分化 | 鉄隕石 |
| 4. コンドライト | マグマ混合 | コンドルール |
| 5. コンドルール | マグマ混合 | 鉄隕石 |

【No. 112】 マグマの発生と火成岩の分類に関する次の記述の㉞～㊱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。

「玄武岩質マグマの多くは㉞ が部分溶融することで生成されるが、プレート沈み込み帯の地温勾配では㉞ の溶融は起こらない。ところが多くの沈み込み帯では、㉞ に㉟ が加わることにより、温度・圧力条件が変化しなくても溶融が起きている。

溶融して生じたマグマ(初生マグマ)が上昇し冷却されると、融点の㊱ 鉱物から順に晶出しマグマから除去される。このような結晶分化作用によって残ったマグマ(残存マグマ)の化学組成は初生マグマから変化し、多様な種類の火成岩が形成される。結晶分化作用の初期のマグマが冷却されると㊲ を多く含むかんらん石や輝石と Ca に富む斜長石が晶出し、これが地下で固結すると斑れい岩が生成される。結晶分化作用が進行した後期の残存マグマでは㊳ が乏しくなり、これが地下で固結すると㊴ が生成される。」

- | ㉞ | ㉟ | ㊱ | ㊲ | ㊳ | ㊴ |
|-----------|------------------|----|---------|-----|---|
| 1. 大陸地殻下部 | 珪酸塩 | 低い | Na や K | 花崗岩 | |
| 2. 大陸地殻下部 | H ₂ O | 高い | Mg や Fe | 流紋岩 | |
| 3. 上部マントル | 珪酸塩 | 高い | Na や K | 流紋岩 | |
| 4. 上部マントル | H ₂ O | 低い | Mg や Fe | 流紋岩 | |
| 5. 上部マントル | H ₂ O | 高い | Mg や Fe | 花崗岩 | |

【No. 113】 鉱床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。

「鉱床は、その成因によって、火成作用によるもの、熱水作用によるもの、風化・堆積作用によるものに大別される。火成作用による鉱床のうち、マグマ中で有用鉱物が晶出してできたのが正マグマ性鉱床であり、代表的なものが超苦鉄質岩に伴い形成される ㉞ と珪長質マグマで形成されるペグマタイト鉱床である。熱水性鉱床は、マグマ起源の熱水と天水起源の地下水が混ざった水から鉱物が晶出したもので、鉱脈鉱床、スカルン鉱床、㉟ などがある。風化・堆積作用による鉱床の一例が風化残留鉱床で、その代表的なものが熱帯地域で産出するボーキサイト鉱床であり、㊱ が濃集している特徴をもつ。」

㉞	㉟	㊱
1. マンガン団塊	コバルトクラスト	マグネシウム
2. マンガン団塊	斑岩銅鉱床	アルミニウム
3. クロム鉄鉱床	コバルトクラスト	アルミニウム
4. クロム鉄鉱床	コバルトクラスト	マグネシウム
5. クロム鉄鉱床	斑岩銅鉱床	アルミニウム

【No. 114】 日本列島の地質に関する記述㉞～㉟のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉞ 日本列島は本州の新潟県南西端から静岡市を結ぶ断層を境にして地質が異なっており、この断層を中央構造線と呼ぶ。
- ㉟ 約 2000 万年前から約 1500 万年前頃の日本海拡大に伴い、日本列島は大陸から離れて現在のような島弧の形になった。
- ㊱ ユーラシア大陸の東縁で成長した日本列島では、海洋プレート上に堆積する深海の堆積物が見つかることは珍しい。
- ㉟ フォッサマグナに属する関東山地には、新第三紀以後の海の地層や火山岩が広く分布するが、中生代やそれ以前の地層は分布していない。

1. ㉞
2. ㉞、㉟
3. ㉟
4. ㊱、㉟
5. ㉟

【No. 115】 遠洋性堆積物に関する記述㉞～㉟のうち、妥当なもののみを挙げているのはどれか。

- ㉞ 遠洋性堆積物は、深海平原を覆って広く分布していることから、深海堆積物と同義である。
- ㉟ 珪質のプランクトンである放射虫の遺骸で形成されるチャートの多くは、遠洋性堆積物の一種が固結した岩石である。
- ㊱ 遠洋性堆積物の堆積速度は、圧密の有無にかかわらず 1000 年当たり数 mm～数 10 mm 程度と見積もられている。
- ㊲ 炭酸塩補償深度以深では石灰質プランクトンの骨格は全て海水中に溶解するので、遠洋域では石灰岩は形成されない。

1. ㉞、㉟
2. ㉞、㊱
3. ㉟、㊱
4. ㉟、㊲
5. ㊱、㊲

(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	(20題)	(No. 6~No. 25)	(4~17)	10
選択A 数理科学系 線形代数、解析、確率・統計	10題	No. 6~No. 15	5~9	
選択B 物理・地球科学系 基礎物理、地球科学	10題	No. 16~No. 25	10~17	
III部 選択問題 次の17科目90題から25題選択	90題	No. 26~No.115	18~85	25
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				
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。

C1C2-2023 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	3	91	3
2	3	32	2	62	2	92	1
3	4	33	3	63	2	93	1
4	5	34	5	64	2	94	5
5	2	35	3	65	3	95	2
6	5	36	3	66	3	96	1
7	2	37	4	67	4	97	3
8	4	38	3	68	5	98	4
9	5	39	2	69	3	99	1
10	5	40	2	70	2	100	3
11	4	41	1	71	3	101	3
12	1	42	5	72	4	102	4
13	1	43	5	73	2	103	4
14	4	44	4	74	4	104	3
15	1	45	1	75	3	105	4
16	2	46	5	76	1	106	1
17	1	47	4	77	4	107	3
18	2	48	3	78	1	108	4
19	5	49	5	79	2	109	3
20	4	50	4	80	2	110	1
21	1	51	2	81	4	111	3
22	2	52	2	82	1	112	5
23	3	53	4	83	3	113	5
24	1	54	3	84	2	114	3
25	5	55	5	85	1	115	3
26	4	56	2	86	2		
27	4	57	1	87	4		
28	2	58	4	88	5		
29	1	59	4	89	2		
30	2	60	5	90	4		