

専門(多肢選択式)試験問題

注 意 事 項

1. 問題は **50 題(41 ページ)**あります。
問題は必須問題 **30 題**(No. 1 ～ No.30)と選択問題 20 題(No.31 ～ No.50)に分かれています。選択問題については**任意の 10 題**を解答し、必須問題と合計して **40 題**を解答してください。
なお、選択問題については、10 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. 解答時間は **3 時間**です。
3. 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。
4. この問題集で単位 of 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。
5. この問題集は、本試験種目終了後に持ち帰りができます。
6. 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。
7. 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	受験番号	氏 名
	物 理		

指示があるまで中を開いてはいけません。

No. 1～No. 30 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。

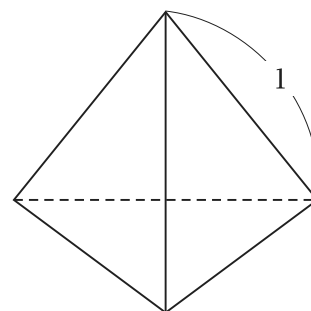
解答は、問題番号に該当する答案用紙の番号欄に記入してください。

【No. 1】 $0 \leq \theta < 2\pi$ の条件の下で、方程式 $2\cos^2\theta + \sin\theta - 1 = 0$ を満たす θ の個数はいくらか。

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

【No. 2】 一辺の長さが 1 の正四面体の体積はいくらか。

1. $\frac{\sqrt{2}}{12}$
2. $\frac{\sqrt{3}}{12}$
3. $\frac{\sqrt{2}}{6}$
4. $\frac{\sqrt{3}}{6}$
5. $\frac{\sqrt{3}}{4}$



【No. 3】 $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{2x \sin x}{1 - \cos x}$ はいくらか。

1. 0

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

3. 1

4. 2

5. 4

【No. 4】 放物線 $y = -x^2 + 9$ 及び x 軸で囲まれた領域の面積が、 $y = -x^2 + 9$ 及び直線 $y = a$ で囲まれた領域の面積の 8 倍であるとき、定数 a の値はいくらか。

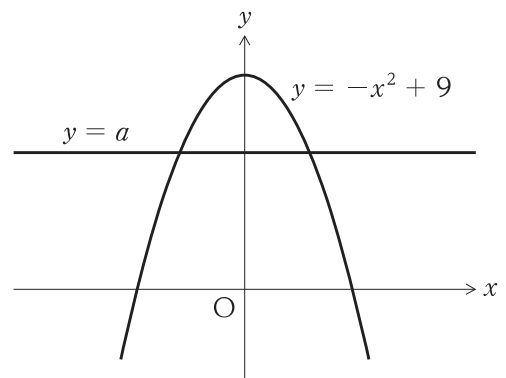
1. $\frac{49}{8}$

2. $\frac{27}{4}$

3. $\frac{15}{2}$

4. 8

5. 9



【No. 5】 $\triangle ABC$ の各頂点を 1 秒ごとに移動する点 P がある。ある頂点にいる P が 1 秒後にいる点は、それぞれ $\frac{2}{5}$ の確率で他の 2 頂点のいずれか、 $\frac{1}{5}$ の確率で同じ頂点である。最初、 P が頂点 A にいたとすると、それから n 秒後に P が A にいる確率はいくらか。

ただし、 n は自然数とする。

1. $\frac{1}{15} \left(-\frac{1}{15} \right)^{n-1} + \frac{1}{3}$

2. $\frac{2}{3} \left(-\frac{1}{5} \right)^n + \frac{1}{3}$

3. $\frac{1}{3} \left(\frac{1}{5} \right)^n + \frac{2}{15}$

4. $\frac{1}{15} \left(-\frac{1}{3} \right)^{n-1} + \frac{2}{15}$

5. $\frac{1}{15} \left(\frac{1}{3} \right)^{n-1} + \frac{2}{15}$

【No. 6】 xyz 空間の微分可能なベクトル場 $\mathbf{A} = (A_x, A_y, A_z)$ を考える。 $\nabla \cdot (\nabla \times \mathbf{A})$ と等価なものを与える表式はどれか。

1. 0

2. $-\mathbf{A}$

3. $\nabla \cdot \mathbf{A}$

4. $\nabla^2 \mathbf{A}$

5. $\nabla(\nabla \cdot \mathbf{A}) - \nabla^2 \mathbf{A}$

【No. 7】 2進数で表された次の数を5進数で表したものと正しいのはどれか。

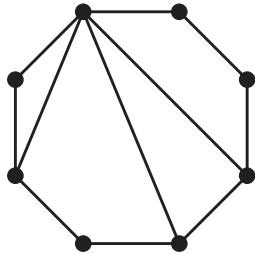
1110101

1. 341
2. 343
3. 432
4. 441
5. 443

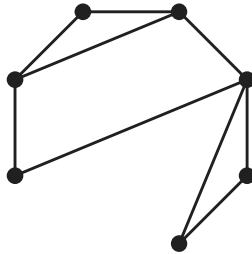
【No. 8】 次の㉗～㉔のうち、いずれかの頂点から一筆書きを行うことができるグラフのみを全て挙げているのはどれか。

ただし、グラフを描く際には、頂点から頂点へ線分を引くものとする。

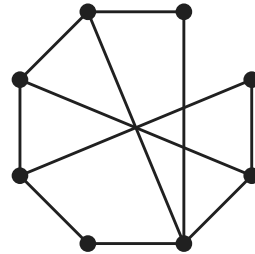
㉗



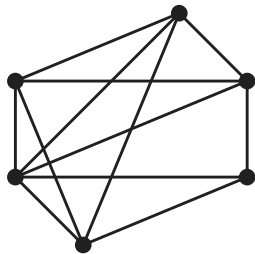
㉙



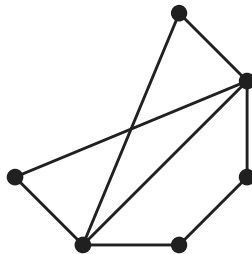
㉕



㉘



㉔

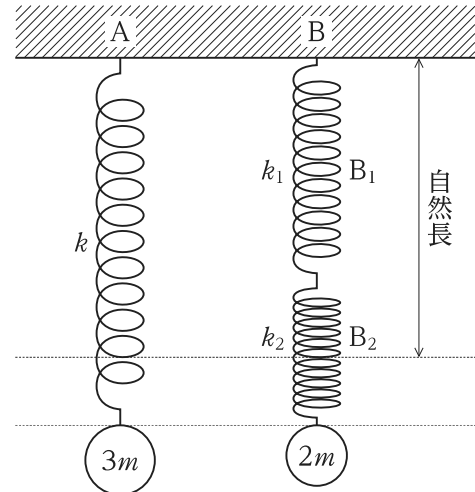


1. ㉗、㉕、㉘
2. ㉗、㉔
3. ㉙、㉕
4. ㉙、㉘、㉔
5. ㉘、㉔

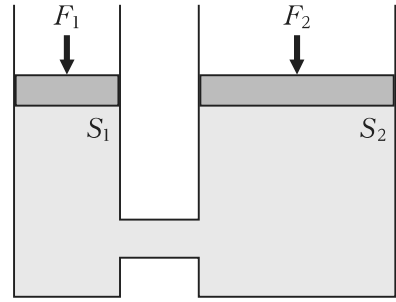
【No. 9】 上端が天井に固定された、軽いばね A(ばね定数 k) と、二つの軽いばね B₁(ばね定数 k_1)、B₂(ばね定数 k_2) を直列につないだばね B がある。また、A と B は自然長が等しい。

図のように、A、B の下端に質量 $3m$ 、 $2m$ の小物体を取り付けたところ、A、B はそれぞれ同じ長さだけ伸びてつり合った。このとき、 k 、 k_1 、 k_2 の間に成り立つ関係として最も妥当なのはどれか。

1. $\frac{2}{k} = \frac{3}{k_1} + \frac{3}{k_2}$
2. $\frac{3}{k} = \frac{2}{k_1} + \frac{2}{k_2}$
3. $k = k_1 + k_2$
4. $2k = 3k_1 + 3k_2$
5. $3k = 2k_1 + 2k_2$

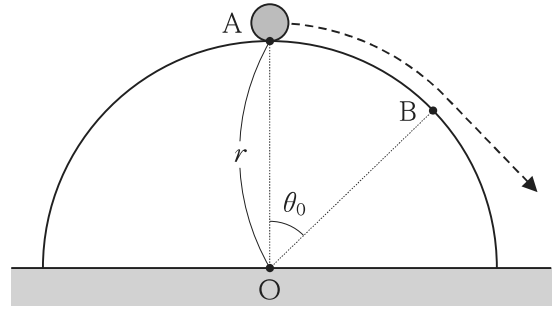


【No. 10】 大気中で、図のように、断面積がそれぞれ S_1 , S_2 の二つの容器を管で連結して液体を入れ、二つの滑らかに動く軽いピストンを介して液体に力を作用させられるように密封した。断面積 S_1 のピストンに大きさ F_1 の力を、断面積 S_2 のピストンに大きさ F_2 の力をそれぞれ加えたところ、二つのピストンは同じ高さで静止した。このとき、 F_2 の表式として最も妥当なのはどれか。



1. F_1
2. $\frac{S_1}{S_2} F_1$
3. $\frac{S_2}{S_1} F_1$
4. $\frac{S_1}{S_1 + S_2} F_1$
5. $\frac{S_2}{S_1 + S_2} F_1$

【No. 11】 図のように、中心 O 、半径 r の滑らかな半円筒が水平面上に固定されている。半円筒面の最高点 A に小球を置き、静かに手を放したところ、小球は半円筒面を滑り、ある点 B で半円筒面を離れた。 $\angle AOB$ を θ_0 とするとき、 $\cos \theta_0$ の値として最も妥当なのはどれか。



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

【No. 12】 図 I のように、滑らかで水平な直線上を、質量 m の二つの小物体がそれぞれ同じ向きに速さ $v_1, v_2 (v_1 > v_2)$ で等速度運動した後、これら二つの小物体が衝突した。衝突後、図 II のように、一体となって運動したとすると、衝突によって失われた運動エネルギーの表式として最も妥当なのはどれか。

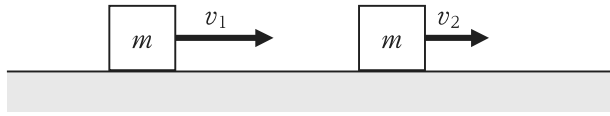


図 I

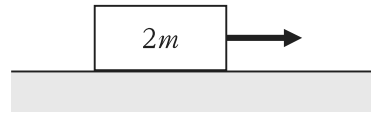
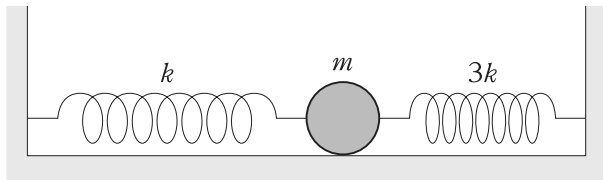


図 II

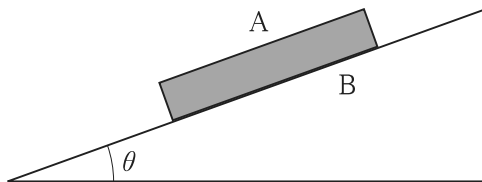
1. 0
2. $\frac{1}{4}m(v_1^2 - v_2^2)$
3. $\frac{1}{2}m(v_1^2 - v_2^2)$
4. $\frac{1}{4}m(v_1 - v_2)^2$
5. $\frac{1}{2}m(v_1 - v_2)^2$

【No. 13】 図のように、滑らかな床面上に質量 m の小球を置き、一方にはばね定数 k のばねを、もう一方にはばね定数 $3k$ のばねを連結し、壁に取り付けた。この小球を、床面に沿ってわずかに動かし、単振動させたときの周期として最も妥当なのはどれか。



1. $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{m}{k}}$
2. $\pi \sqrt{\frac{m}{2k}}$
3. $\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$
4. $2\pi \sqrt{\frac{m}{2k}}$
5. $2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$

【No. 14】 図のように、板 A を斜面 B の上に置いた。水平面に対する斜面の傾角 θ ($0 \leq \theta < \frac{\pi}{2}$) をゆっくり増やしていったところ、ある角度 θ_1 より大きくなると A が滑った。AB 間の静止摩擦係数を μ_1 、A の質量を m とする。角度 θ_1 として最も妥当なのはどれか。



1. $\cot^{-1} \mu_1$
2. $\tan^{-1} \mu_1$
3. $\cot^{-1} m\mu_1$
4. $\tan^{-1} m\mu_1$
5. $\cos^{-1} m\mu_1$

【No. 15】 xy 平面において、点 (x, y) での速度が、 t_0 を 0 でない定数として、 $\left(\frac{y}{t_0}, \frac{x}{t_0}\right)$ で与えられる 2 次元の定常な流れがあるとき、この流れの流線の表式として最も妥当なのはどれか (C は定数とする)。

ただし、流線とは各点において流速ベクトルが接するような曲線のことである。

1. $y = \frac{1}{x} + C$

2. $y = -x + C$

3. $y = x + C$

4. $x^2 - y^2 = C$

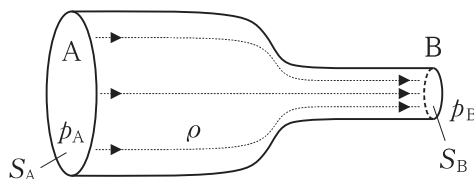
5. $x^2 + y^2 = C$

【No. 16】 図のように、内側の断面が円形の細い管を水平に置き、その中を密度 ρ の非圧縮性の完全流体が断面 A から断面 B の方向に定常的に流れている場合を考える。断面 A と断面 B の面積はそれぞれ S_A , S_B 、断面 A と断面 B における圧力はそれぞれ p_A , p_B であった。断面 A における流量として最も妥当なのはどれか。

ただし、この流体の流速の大きさを v 、圧力を p としてベルヌーイの関係式

$$p + \frac{1}{2}\rho v^2 = \text{一定}$$

が成り立つものとする。



1. $\frac{S_A S_B}{2} \sqrt{\frac{p_B - p_A}{\rho(S_B^2 - S_A^2)}}$
2. $S_A S_B \sqrt{\frac{p_B - p_A}{2\rho(S_B^2 - S_A^2)}}$
3. $S_A S_B \sqrt{\frac{p_B - p_A}{\rho(S_B^2 - S_A^2)}}$
4. $S_A S_B \sqrt{\frac{2(p_B - p_A)}{\rho(S_B^2 - S_A^2)}}$
5. $2S_A S_B \sqrt{\frac{p_B - p_A}{\rho(S_B^2 - S_A^2)}}$

【No. 17】 ある地点 A の周辺で測量を行ったところ、B 地点は A 地点の真東 1 km、C 地点は A 地点の真北 1 km に位置していた。数年後、再測量を行ったところ、A 地点を基準とすると、B 地点は東方向へ 2 cm、南方向へ 2.6 cm 移動し、C 地点は西方向へ 1 cm、北方向へは 0 cm 移動していた。ただし、測量を行った領域は平坦で、上下動方向の変動は全くなかったものと仮定する。

座標系は x_1 軸の正方向を東、 x_2 軸の正方向を北とする。また、 (u_1, u_2) を変位ベクトル場とする。ひずみ e_{ij} は

$$e_{ij} = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \quad (i, j = 1, 2)$$

剛体的な回転量 ω は

$$\omega = \frac{1}{2} \left(\frac{\partial u_2}{\partial x_1} - \frac{\partial u_1}{\partial x_2} \right)$$

と表すことができる。ただし、変位ベクトル場 (u_1, u_2) の 1 階微分は定数で、2 階微分以上は無視できるとする。面積ひずみ $e_{11} + e_{22}$ 、せん断ひずみ e_{12} 、回転量 ω の組合せとして最も妥当なのはどれか。

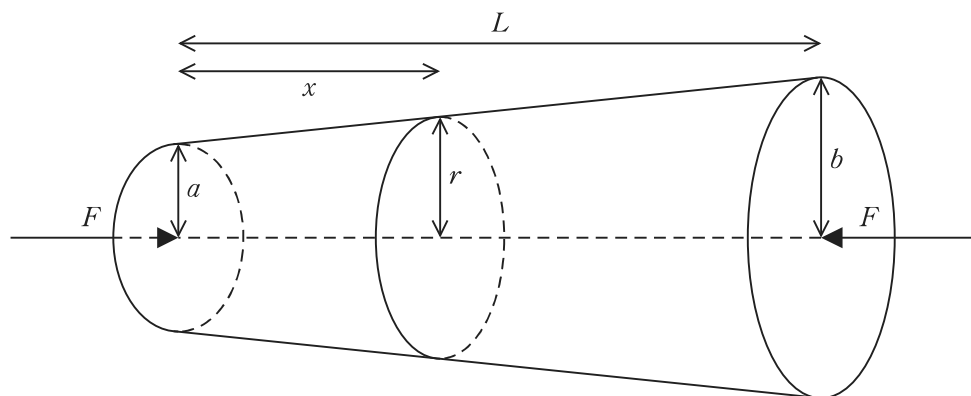
	面積ひずみ	せん断ひずみ	回転量
1.	1×10^{-5}	-3.6×10^{-5}	-0.8×10^{-5}
2.	1×10^{-5}	-3.6×10^{-5}	0.8×10^{-5}
3.	1×10^{-5}	-1.8×10^{-5}	0.8×10^{-5}
4.	2×10^{-5}	-1.8×10^{-5}	-0.8×10^{-5}
5.	2×10^{-5}	-1.8×10^{-5}	0.8×10^{-5}

【No. 18】 長さ l 、一定の断面積 S の一様な弾性体の棒の両端に力 F を軸方向に加えたときの縮みを Δl とするとき、ヤング率 E は、

$$E = \frac{F/S}{\Delta l/l}$$

で与えられる。断面積が一定でない弾性体の棒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、左端からの距離が x の所の断面が半径 $r = a + (b - a)\frac{x}{L}$ の円板である長さ L 、ヤング率 E の一様な弾性体の棒の両端に力 F を加える場合を考える。このとき、左端からの距離が x と $x + dx$ の間にある微小部分の軸方向の縮みは ㉞ である。従って、棒全体の縮みは ㉟ である。」



- | | |
|---|--|
| <p>1. ㉞ $\frac{F}{4\pi E \left[a + (b - a)\frac{x}{L} \right]^2} dx$</p> | <p>㉟ $\frac{FL}{\pi E ab}$</p> |
| <p>2. $\frac{F}{4\pi E \left[a + (b - a)\frac{x}{L} \right]^2} dx$</p> | <p>$\frac{4FL}{\pi E (a + b)^2}$</p> |
| <p>3. $\frac{F}{\pi E \left[a + (b - a)\frac{x}{L} \right]^2} dx$</p> | <p>$\frac{FL}{\pi E (a + b)^2}$</p> |
| <p>4. $\frac{F}{\pi E \left[a + (b - a)\frac{x}{L} \right]^2} dx$</p> | <p>$\frac{FL}{\pi E ab}$</p> |
| <p>5. $\frac{F}{\pi E \left[a + (b - a)\frac{x}{L} \right]^2} dx$</p> | <p>$\frac{4FL}{\pi E (a + b)^2}$</p> |

【No. 19】 図のように、小球を長さ L の糸に取り付けて天井からつるし、糸がたるまないようにしながら、鉛直線と角 θ をなす状態で支える。いま、小球を静かに放すとき、鉛直線上を小球が初めて通るまでの時間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。また、 θ は十分に小さく、 $\sin \theta \doteq \theta$ と近似できるものとする。

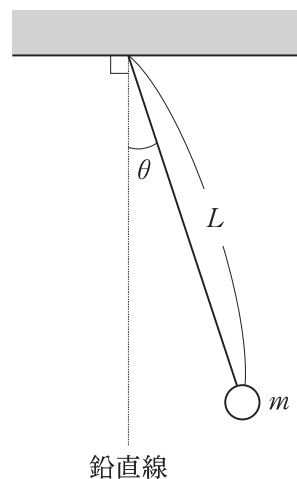
1. $\frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{L}{g}}$

2. $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{L}{g}}$

3. $\frac{\pi}{4} \sqrt{\frac{g}{L}}$

4. $\frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{g}{L}}$

5. $\pi \sqrt{\frac{g}{L}}$



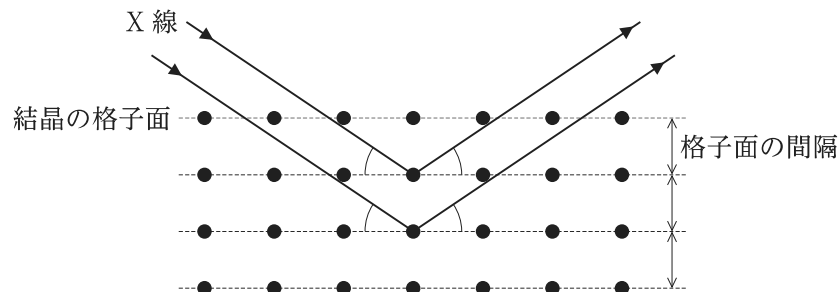
【No. 20】 ある正弦波が x 軸上を正の向きに進んでいる。この波の時刻 t [s]、位置 x [m] における変位 y [m] は、

$$y = 2 \sin \left[2\pi \left(\frac{t}{8} - \frac{x}{4} \right) \right]$$

で表される。この波の速さはおよそいくらか。

1. 0.25 m/s
2. 0.5 m/s
3. 2 m/s
4. 4 m/s
5. 8 m/s

【No. 21】 波長が 1.7×10^{-10} m である X 線を、図のように、ある結晶に入射させた。X 線を入射させる方向を、結晶の格子面に平行な方向から徐々に傾けていくと、入射方向の格子面に対する角度が $\frac{\pi}{6}$ となったとき、反射 X 線の強さが初めて極大になった。結晶の格子面の間隔として最も妥当なのはどれか。



1. 4.3×10^{-9} m
2. 1.0×10^{-10} m
3. 1.7×10^{-10} m
4. 2.0×10^{-10} m
5. 3.4×10^{-10} m

【No. 22】 体積 V 、圧力 P の単原子分子理想気体を、圧力を一定に保ったまま、体積が $4V$ になるまで、準静的に変化させた。このとき、気体が吸収した正味の熱量として最も妥当なのはどれか。

1. $-3PV$
2. $-\frac{3}{2}PV$
3. $\frac{3}{2}PV$
4. $\frac{9}{2}PV$
5. $\frac{15}{2}PV$

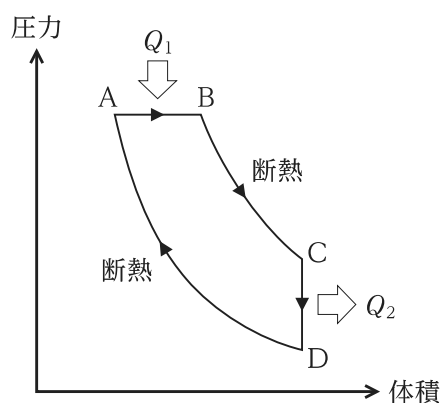
【No. 23】 粒状の金属 2.5 kg を詰めた袋がある。この袋を、高さ 1.0 m の位置から、繰り返し 80 回落下させたところ、金属の温度が 2.8 K 上昇した。この金属の比熱の値として最も妥当なのはどれか。

ただし、重力加速度の大きさを 9.8 m/s^2 とする。また、空気の抵抗は無視でき、落下する際に重力がする仕事は全て金属の温度上昇に使われ、これ以外による金属の温度変化は無視できるものとする。

1. $0.16\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$
2. $0.22\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$
3. $0.28\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$
4. $0.34\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$
5. $0.40\text{ J/(g}\cdot\text{K)}$

【No. 24】 図のように、理想気体がサイクル $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow A$ の変化を準静的に行う熱機関を考える。この熱機関が $A \rightarrow B$ 間で高温熱源から受け取る熱を Q_1 、 $C \rightarrow D$ 間で低温熱源に与える熱を Q_2 、外部に行う仕事を $W = Q_1 - Q_2$ としたとき、熱機関の効率 $\frac{W}{Q_1}$ として最も妥当なのはどれか。

ただし、状態 A, B, C, D におけるそれぞれの絶対温度は T_A, T_B, T_C, T_D であり、 $A \rightarrow B$ は定圧変化、 $C \rightarrow D$ は定積変化、 $B \rightarrow C$ 及び $D \rightarrow A$ は断熱変化である。また、この気体の定圧モル比熱を C_P 、定積モル比熱を C_V とする。

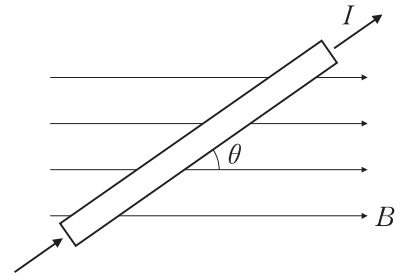


1. $1 - \frac{C_V(T_C - T_D)}{C_P(T_B - T_A)}$
2. $1 - \frac{C_V(T_C - T_D)}{C_P(T_A - T_B)}$
3. $1 - \frac{C_P(T_C - T_D)}{C_V(T_B - T_A)}$
4. $1 - \frac{C_P(T_C - T_D)}{C_V(T_A - T_B)}$
5. 1

【No. 25】 熱力学的な系の内部エネルギーが、エントロピー S 、体積 V の関数として $U(S, V)$ と与えられているとする。このとき、系の圧力は $p(S, V) = -\frac{\partial U(S, V)}{\partial V}$ によって定義される。ルジャンドル変換により、 $U + pV$ を S, p の関数として表したものを何というか。

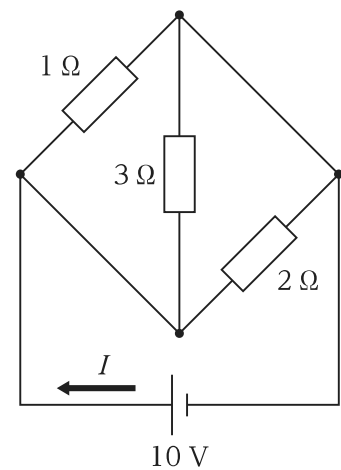
1. エンタルピー
2. ヘルムホルツの自由エネルギー
3. ギブスの自由エネルギー
4. 化学ポテンシャル
5. 分配関数

【No. 26】 図のように、磁束密度の大きさ B の一様な磁場中に、長さ L の導体があり、磁場の向きと角度 θ をなすように紙面に平行に置かれている。この導体に、図に示す向きに大きさ I の電流を流すとき、この導体に働く力の大きさとその向きの組合せとして最も妥当なのはどれか。



- | 力の大きさ | 力の向き |
|----------------------|------------------|
| 1. IBL | 紙面に垂直で表から裏へ向かう向き |
| 2. $IBL \sin \theta$ | 紙面に垂直で表から裏へ向かう向き |
| 3. $IBL \sin \theta$ | 紙面に垂直で裏から表へ向かう向き |
| 4. $IBL \cos \theta$ | 紙面に垂直で表から裏へ向かう向き |
| 5. $IBL \cos \theta$ | 紙面に垂直で裏から表へ向かう向き |

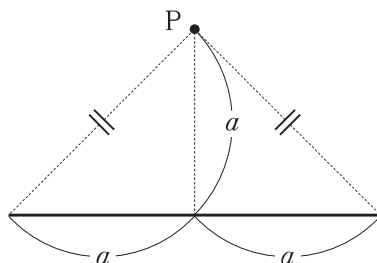
【No. 27】 図のような回路において、図に示す電流の大きさ I の値として最も妥当なのはどれか。



1. $\frac{5}{3} \text{ A}$
2. $\frac{10}{3} \text{ A}$
3. $\frac{25}{3} \text{ A}$
4. 10 A
5. $\frac{55}{3} \text{ A}$

【No. 28】 真空中において、一様な線密度 λ の電荷が長さ $2a$ の線分上に分布している。図のように、線分の両端から等距離で、線分の中点からの距離が a である点を P とする。P における電場の大きさを求める式として最も妥当なのはどれか。

ただし、真空の誘電率を ε_0 とする。



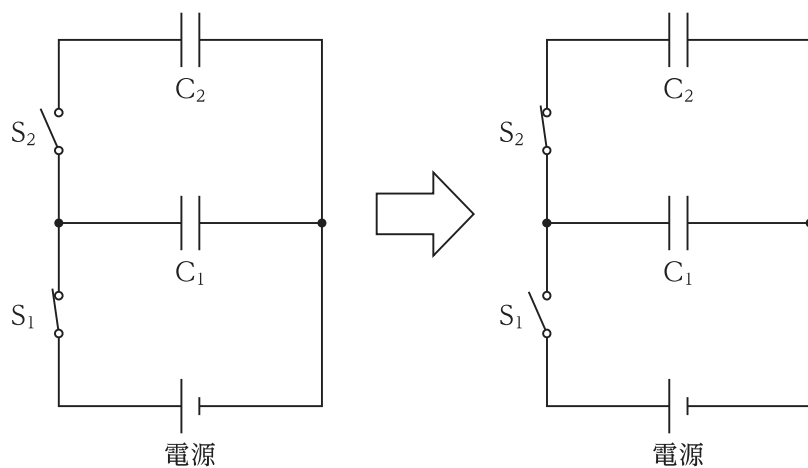
1. $\frac{|\lambda|}{4\pi\varepsilon_0} \int_{-a}^a \frac{1}{x^2 + a^2} dx$
2. $\frac{|\lambda|}{4\pi\varepsilon_0} \int_{-a}^a \frac{a}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} dx$
3. $\frac{|\lambda|}{4\pi\varepsilon_0} \int_{-a}^a \frac{x}{(x^2 + a^2)^{\frac{3}{2}}} dx$
4. $\frac{|\lambda|}{4\pi\varepsilon_0} \int_{-a}^a \frac{a^2}{(x^2 + a^2)^2} dx$
5. $\frac{|\lambda|}{4\pi\varepsilon_0} \int_{-a}^a \frac{x^2}{(x^2 + a^2)^2} dx$

【No. 29】 磁束密度の大きさが B で z 方向を向いた一様な磁場中を、質量 m 、電気量 q の荷電粒子が、 xy 平面内を、速さ v で z 軸正の側から見て反時計回りに等速円運動している。 q の正負及び軌道の直径 d の組合せとして最も妥当なのはどれか。

- | q の正負 | d |
|------------|----------------------|
| 1. $q > 0$ | $\frac{2mv^2B}{ q }$ |
| 2. $q > 0$ | $\frac{2mv}{ q B}$ |
| 3. $q < 0$ | $\frac{2mv^2B}{ q }$ |
| 4. $q < 0$ | $\frac{2mv^2}{ q B}$ |
| 5. $q < 0$ | $\frac{2mv}{ q B}$ |

【No. 30】 図のように、直流電源(電圧 V)、コンデンサー C_1 (電気容量 C)、コンデンサー C_2 (電気容量 $2C$)、スイッチ S_1 、 S_2 から成る回路がある。まず、スイッチ S_2 を開いたまま、スイッチ S_1 を閉じる。十分に時間が経過した後、今度はスイッチ S_1 を開き、スイッチ S_2 を閉じる。さらに十分に時間が経過した後、コンデンサー C_2 に蓄えられている電気量として最も妥当なのはどれか。

ただし、コンデンサー C_1 、 C_2 はいずれも、初め電荷が蓄えられていなかったとする。



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

これ以下は**選択問題**です。

選択問題は No. **31**～No. **50** まであります。

これら **20 題**のうち、任意の **10 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. **31**】 磁場中の荷電粒子の運動に関する次の記述の㉔、㉕、㉖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。

「3次元の xyz 座標空間において、 z 軸正方向に印加された、磁束密度の大きさが B の一様な磁場中を、質量 m 、電荷 q の質点が運動する系を考える。質点に働く力が一様磁場による力のみであるとき、系のラグランジアン L は、

$$L = \frac{1}{2}m(\dot{x}^2 + \dot{y}^2 + \dot{z}^2) + qBx\dot{y}$$

と表すことができる。このとき、オイラー・ラグランジュ方程式から、ローレンツ力を受けて運動する荷電粒子の運動方程式

$$m\ddot{x} = \boxed{\text{㉔}}$$

$$m\ddot{y} = \boxed{\text{㉕}}$$

$$m\ddot{z} = \boxed{\text{㉖}}$$

が得られる。

ただし、 $\dot{x}$, $\dot{y}$, $\dot{z}$ はそれぞれ x , y , z の時間についての微分、 $\ddot{x}$, $\ddot{y}$, $\ddot{z}$ はそれぞれ x , y , z の時間についての2階微分を表す。」

㉔	㉕	㉖
1. $-qB\dot{y}$	$qB\dot{x}$	0
2. $-qB\dot{y}$	$qB\dot{x}$	$qB\dot{z}$
3. $qB\dot{y}$	$-qB\dot{x}$	0
4. $qB\dot{y}$	$-qB\dot{x}$	$qB\dot{z}$
5. $qB\dot{y}$	$qB\dot{x}$	0

【No. 32】 統計力学では、物理系の熱平衡状態は統計集団(アンサンブル)を用いて表される。温度が一定の熱浴に浸かった閉鎖系(粒子の出入りのない系)の熱平衡状態を表す際に、一般的に用いられる統計集団は次のうちどれか。

1. 小正準集団(ミクロカノニカルアンサンブル)
2. 正準集団(カノニカルアンサンブル)
3. 大正準集団(グランドカノニカルアンサンブル)
4. 分子集団(分子クラスター)
5. 原子集団(原子クラスター)

【No. 33】 スピンの大きさが 1 の独立なスピン N 個が、 z 軸正方向を向く、強さ $H (H > 0)$ の一様な磁場中にある。各スピンに番号をつけ、 i 番目のスピン演算子の z 成分の固有値をスピン変数 σ_i で表すと、 σ_i は $-1, 0, 1$ の 3 通りの値をとる。系のエネルギー固有値 E は、正の定数 μ を用いて、

$$E = -\mu H \sum_{i=1}^N \sigma_i$$

と表せるとする。この系が温度 T の熱平衡状態にあるとき、系のエントロピーを S とする。低温 ($T \rightarrow 0$) 及び高温 ($T \rightarrow \infty$) の極限での S の表式の組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、 k_B はボルツマン定数とする。

	低温	高温
1.	0	$Nk_B \log 3$
2.	0	$k_B \log N$
3.	$k_B \log 3$	0
4.	$k_B \log 3$	$Nk_B \log 3$
5.	$k_B \log 3$	$k_B \log N$

【No. 34】 量子力学に関する㉗～㉞の以下の命題について、正しいもののみを全て挙げている組合せはどれか。

- ㉗ 電子の位置と運動量を同時測定することができる。
- ㉘ 定常状態を記述する波動関数の位相は時間的に変化しない。
- ㉙ 量子系は測定によって一般に状態が変化する。
- ㉞ 量子系を数回測定することによって、量子系の状態を完全に決定することができる。

1. ㉗、㉘
2. ㉗、㉞
3. ㉘
4. ㉙
5. ㉞

【No. 35】 x 軸上を自由に運動する質量 m の量子力学的粒子を考える。系の運動量演算子 p_x は

$$p_x = -i\hbar \frac{d}{dx}$$

で与えられる。系のハミルトニアン $H = \frac{p_x^2}{2m}$ と p_x は交換可能であり、 H と p_x は共通の固有関数 (同時固有関数) をもつ。波動関数に周期 L の周期的境界条件を課すと、 H の固有値 (エネルギー固有値) や p_x の固有値は量子化され、波数 $k_n = \frac{2\pi}{L}n$ (n は整数) を用いて表すことができる。この系の運動量演算子 p_x の固有値と x 軸上の長さ L の範囲における粒子の存在確率が 1 となるように規格化された固有関数の組合せとして最も妥当なのはどれか。

なお、関数 $f(x)$ が周期 L の周期的境界条件を満たすとは、任意の x について、 $f(x + L) = f(x)$ が成り立つことを指す。

	運動量演算子 p_x の固有値	規格化された固有関数
1.	$\frac{\hbar^2 k_n^2}{2m}$	$\frac{1}{\sqrt{L}} e^{ik_n x}$
2.	$\frac{\hbar^2 k_n^2}{2m}$	$\sqrt{\frac{2}{L}} \sin(k_n x)$
3.	$\hbar k_n$	$\frac{1}{\sqrt{L}} e^{ik_n x}$
4.	$\hbar k_n$	$\sqrt{\frac{2}{L}} \sin(k_n x)$
5.	$\hbar k_n$	$\frac{1}{\sqrt{2L}} e^{ik_n x}$

【No. 36】 水素原子の電子軌道について、以下の問いに答えよ。

主量子数 n をもつ電子軌道の方位量子数 l 、磁気量子数 m の取り得る値の組合せとして可能なものを全て挙げているのはどれか。

- | | l | m |
|----|--------------------|---|
| 1. | $0, 1, \dots, n-1$ | $-l, -l+1, \dots, l-1, l$ |
| 2. | $0, 1, \dots, n-1$ | $-l, -l+\frac{1}{2}, \dots, l-\frac{1}{2}, l$ |
| 3. | $1, 2, \dots, n$ | $-l, -l+1, \dots, l-1, l$ |
| 4. | $1, 2, \dots, n$ | $-l, -l+\frac{1}{2}, \dots, l-\frac{1}{2}, l$ |
| 5. | $1, 2, \dots, n-1$ | $-l, -l+1, \dots, l-1, l$ |

【No. 37】 磁性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。

「正の磁化率をもつ物質を常磁性体、負の磁化率をもつ物質を ㉖ と呼ぶ。キュリー常磁性体の磁化率は温度に ㉗ 。多くの金属や合金では低温で温度に ㉘ 磁化率を示す。これをパウリ常磁性と呼ぶ。常磁性体の一種である強磁性体は、キュリー温度と呼ばれる、物質に固有の温度より低温では ㉙ を示す。」

㉖	㉗	㉘	㉙
1. 反強磁性体	比例する	比例する	自発磁化
2. 反強磁性体	反比例する	比例する	磁化消失
3. 反強磁性体	反比例する	依らない	磁化消失
4. 反磁性体	比例する	比例する	自発磁化
5. 反磁性体	反比例する	依らない	自発磁化

【No. 38】 光速 c の $\frac{1}{2}$ の速さで自由空間を運動する電子(静止質量: $0.511 \text{ MeV}/c^2$)の全エネルギーの値として最も近いものはどれか。

1. 0.006 MeV
2. 0.06 MeV
3. 0.29 MeV
4. 0.59 MeV
5. 1.1 MeV

【No. 39】 物質内の電子を物質表面から真空中に飛び出させるために必要な最小エネルギーを、仕事関数と呼ぶ。金属カリウムの場合、仕事関数はおよそ 2.3 eV である。波長が $2.0 \times 10^{-7} \text{ m}$ の紫外線を金属カリウムに照射したとき、飛び出す電子の運動エネルギーの最大値はおよそいくらか。

なお、 h をプランク定数、 c を光速とすると、 hc の値を、 $hc = 1.2 \times 10^{-6} \text{ eV} \cdot \text{m}$ としてよい。

1. 2.7 eV
2. 3.7 eV
3. 5.7 eV
4. 7.3 eV
5. 8.3 eV

【No. 40】 水素の放射性同位体であるトリチウム (^3H) は、半減期 12.3 年でヘリウム 3 (^3He) に β 崩壊する。密閉容器に 100% トリチウムから成る水素ガスを封入したとする。

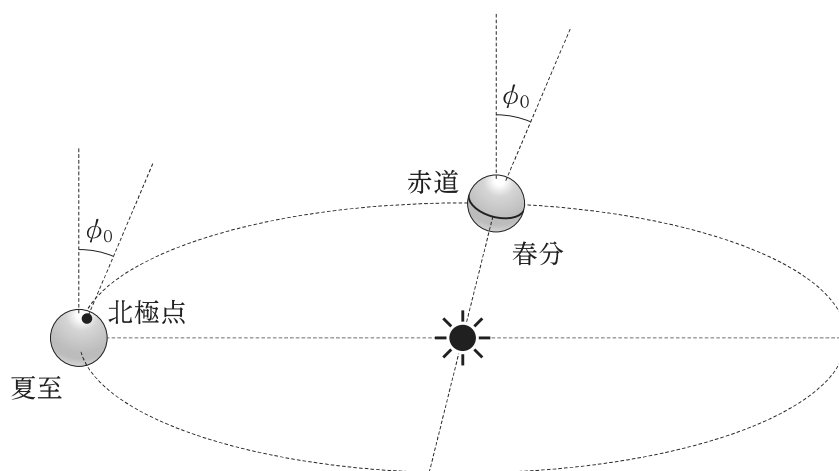
封入してから 12.3 年後にこの容器内の圧力は封入直後の圧力の何倍になるか。ただし、トリチウムの化学形は $^3\text{H}_2$ であるとし、容器内の温度は室温で一定に保たれているとする。

1. 0.5 倍
2. 0.75 倍
3. 1 倍
4. 1.5 倍
5. 2 倍

【No. 41】 地球の大気上端で受け取る太陽放射に関する次の記述の㉗、㉘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。

ただし、太陽と地球との距離は季節によらず一定とし、地軸の傾きを ϕ_0 ($\doteq 23.4^\circ$) とする。

「地球上において、太陽の時角(太陽が南中している経度とその場所の経度との差)を λ ($-\pi \leq \lambda < \pi$)、太陽が天頂にあって、 λ が $d\lambda$ 変化する間に大気上端において単位面積当たりに受け取る太陽放射量を $Sd\lambda$ とする。このとき、図のように、夏至の日の北極点上、春分の日赤道上で、1日の間に大気上端において単位面積当たりに受け取る太陽放射量は、それぞれ ㉗、㉘ で表される。」



- | ㉗ | ㉘ |
|---|--|
| 1. $\int_{-\pi}^{\pi} S \cos \lambda \, d\lambda$ | $\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} S \cos \phi_0 \, d\lambda$ |
| 2. $\int_{-\pi}^{\pi} S \cos \lambda \, d\lambda$ | $\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} S \cos \lambda \, d\lambda$ |
| 3. $\int_{-\pi}^{\pi} S \cos \phi_0 \, d\lambda$ | $\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} S \cos \lambda \, d\lambda$ |
| 4. $\int_{-\pi}^{\pi} S \sin \phi_0 \, d\lambda$ | $\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} S \cos \phi_0 \, d\lambda$ |
| 5. $\int_{-\pi}^{\pi} S \sin \phi_0 \, d\lambda$ | $\int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}} S \cos \lambda \, d\lambda$ |

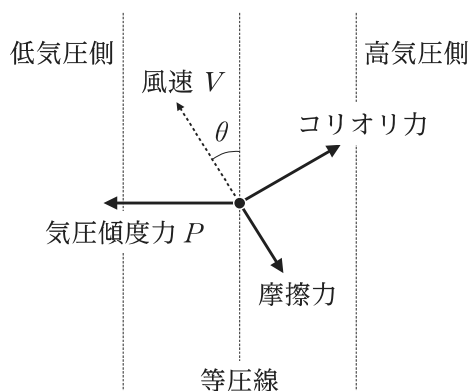
【No. 42】 日本付近を通過する前線に関する記述㉖～㉙のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

- ㉖ 寒冷前線が西から東に移動しているとき、寒冷前線の通過に伴い、地上での風向は南～南東から西～南西に変化する。
- ㉗ 一般的に、温暖前線の前線面の地面に対する傾きは、寒冷前線のそれに比べて緩やかである。
- ㉘ 閉塞前線が西から東に移動し、前線西側の気団の方が冷たいとき、上空の前線は地上の閉塞前線より東側にある。
- ㉙ 閉塞前線は、寒冷前線が温暖前線に追い付くことにより生じる。

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

【No. 43】 北半球のある地点における地上風の力学バランスについて考える。図のように、風速 V の定常な風が等圧線と角度 θ をなす方向に吹いており、気圧傾度力、コリオリ力、摩擦力がつり合っているとする。気圧傾度力は等圧線の向きに対して垂直に働き、摩擦力は風の向きとは反対方向に働いているとしたとき、風速 V として最も妥当なのはどれか。

ただし、単位質量当たりの気圧傾度力を P 、コリオリパラメータを f とする。

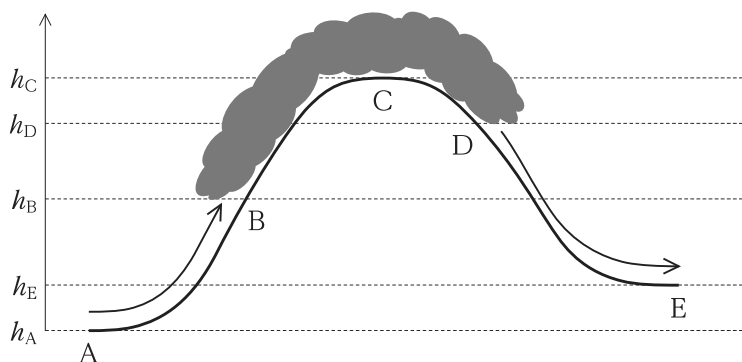


1. $\frac{P}{f \sin \theta}$
2. $\frac{P}{f \cos \theta}$
3. $\frac{P \sin \theta}{f}$
4. $\frac{P \cos \theta}{f}$
5. $\frac{P \tan \theta}{f}$

【No. 44】 湿った気塊が山を越える際に雲を作り、降水を伴うような、熱力学的要因によるフェーン現象を考える。図のように、気塊は地点 A(高度 h_A) から気流に乗って山の斜面に沿って上昇し、上昇中の地点 B(高度 h_B) で気塊中の水蒸気が凝結して雲を形成し始めた。凝結した水蒸気の一部は降水となった。その後、気塊は高度が最も高い地点 C(高度 h_C) を越えて、斜面に沿って下降した。下降中の地点 D(高度 h_D) で気塊中の雲は全て蒸発し、最終的に気塊は地点 E(高度 h_E) に到達した。

乾燥断熱減率を Γ_d 、湿潤断熱減率を Γ_w とするとき、気塊の地点 E における気温 T_E と、地点 A における気温 T_A の差として最も妥当なのはどれか。

ただし、 Γ_d , Γ_w はいずれも正の定数とする。



1. $(\Gamma_d - \Gamma_w)(h_C - h_B) - \Gamma_d(h_E - h_A)$
2. $(\Gamma_d - \Gamma_w)(h_C - h_B) + \Gamma_d(h_E - h_A)$
3. $(\Gamma_d - \Gamma_w)(h_C - h_B)$
4. $(\Gamma_d - \Gamma_w)(h_D - h_B) - \Gamma_d(h_E - h_A)$
5. $(\Gamma_d - \Gamma_w)(h_D - h_B) + \Gamma_d(h_E - h_A)$

【No. 45】 エルニーニョ現象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。

「エルニーニョ現象の発生時には、太平洋赤道域の東部では、海面水温が平年時より ㉗ なり、東西の海面水温の差が小さくなる。このとき、貿易風と呼ばれる東風が平年時より ㉘ なり、積雲対流の活発な領域が平年時より ㉙ に移動する。」

- | | ㉗ | ㉘ | ㉙ |
|-------|----|---|---|
| 1. 低く | 弱く | 西 | |
| 2. 低く | 強く | 西 | |
| 3. 高く | 弱く | 東 | |
| 4. 高く | 強く | 東 | |
| 5. 高く | 強く | 西 | |

【No. 46】 高潮に関する次の記述の㉗～㉚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。

「台風や低気圧による高潮は、主に吸い上げ効果と吹き寄せ効果によって生じる。吸い上げ効果は、台風や低気圧の接近によって気圧が低くなることで海面が上昇する効果であり、気圧が 1 hPa 低下すると海面はおおよそ 1 cm 上昇する。吹き寄せ効果は、風が海岸に向かって吹いている場合に海面が上昇する効果であり、おおむね ㉗ に比例して上昇する。吹き寄せ効果では、一般に、湾の奥行きが ㉘ ほど海面の上昇幅は大きくなり、また、湾の水深が ㉙ ほど海面の上昇幅は大きくなる。台風が日本に接近するときは、台風の中心付近に加え、台風の進行方向に向かって ㉚ 側や、風の吹いてくる方向に開いた湾で、特に高潮に注意が必要である。」

- | | ㉗ | ㉘ | ㉙ | ㉚ |
|------------|----|----|---|---|
| 1. 風速 | 長い | 深い | 右 | |
| 2. 風速 | 短い | 浅い | 左 | |
| 3. 風速の 2 乗 | 長い | 深い | 左 | |
| 4. 風速の 2 乗 | 長い | 浅い | 右 | |
| 5. 風速の 2 乗 | 短い | 深い | 左 | |

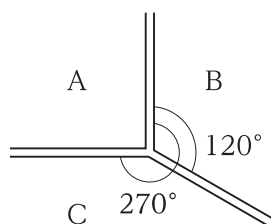
【No. 47】 海洋表層の混合層に関する次の記述の㉖～㉚に当てはまるものの組合せとして最も妥当なのはどれか。

「海洋の表面付近には、深さ方向に水温変化の少ない、厚さ数十メートルから数百メートルの層があり、海洋混合層と呼ばれる。混合層より下では、深海に向かって水温は徐々に低下する。日本近海において、冬季には、海面で海水が冷却され、また、海上を強い風が継続的に吹くため、上層と下層の水の混合が活発になり、混合層の厚さは ㉖ なる。一方、夏季には、海面付近の海水が日射により温められ、海面付近と下層の温度差が大きくなるため、混合層の厚さは ㉗ なる。このようなときに海上を台風が通過すると、強風による上層と下層の水の混合によって混合層より下の海水が取り込まれて、混合層の水温は ㉙ し、台風が ㉚ られる。」

- | ㉖ | ㉗ | ㉙ | ㉚ |
|-------|----|----|----|
| 1. 厚く | 薄く | 上昇 | 強め |
| 2. 厚く | 薄く | 低下 | 弱め |
| 3. 薄く | 厚く | 上昇 | 強め |
| 4. 薄く | 厚く | 低下 | 強め |
| 5. 薄く | 厚く | 低下 | 弱め |

【No. 48】 図のように、プレート A, B, C から成る海嶺－海嶺－海嶺(RRR)型の三重会合点を考える。プレート A と B の間の海嶺は北方向、つまり、会合点から見て 0° の方位(方位角は北から時計回りの角度で表す)に伸びているとする。プレート B と C の間の海嶺は会合点から見て 120° 、プレート A と C の間の海嶺は会合点から見て 270° の方位にそれぞれ伸びているとする。プレート B と C の間の相対速度の大きさを 100 mm/年 としたとき、プレート A と B の間の相対速度の大きさ及びプレート C と A の間の相対速度の大きさとして最も妥当なのはどれか。

ただし、プレートの運動方向は水平面内のみとし、この三重会合点の形状は時間的に変化せず、安定に存在しているものとする。また、必要ならば $\sqrt{3} = 1.73$ を用いてよい。



	AB 間の相対速度の大きさ	CA 間の相対速度の大きさ
1.	50 mm/年	87 mm/年
2.	50 mm/年	173 mm/年
3.	87 mm/年	50 mm/年
4.	173 mm/年	87 mm/年
5.	173 mm/年	50 mm/年

【No. 49】 図のように、均質で異なる弾性定数をもつ二つの半無限弾性体が接している場所に、平面 S 波が鉛直下方から入射した場合を考える。伝播方向を z 軸とし、境界面を $z = 0$ とするような座標軸を設定する。 $z < 0$ の媒質 I 中の密度と S 波速度をそれぞれ ρ_1 , V_{S1} 、 $z \geq 0$ の媒質 II 中の密度と S 波速度をそれぞれ ρ_2 , V_{S2} とする。鉛直下方からの振幅 A の入射波 u_I は以下のように表せる。

$$u_I(z, t) = A \cos \left[\omega \left(t - \frac{z}{V_{S1}} \right) \right]$$

ここで、 ω は角周波数、 t は時間を表す。入射波が $z = 0$ に入射したときに発生する反射波 u_R 及び透過波 u_T は

$$u_R(z, t) = R \cos \left[\omega \left(t + \frac{z}{V_{S1}} \right) \right]$$

$$u_T(z, t) = T \cos \left[\omega \left(t - \frac{z}{V_{S2}} \right) \right]$$

と表せる。ここで、 R と T はそれぞれ反射波と透過波の振幅を表す。透過波の振幅 T として最も妥当なのはどれか。

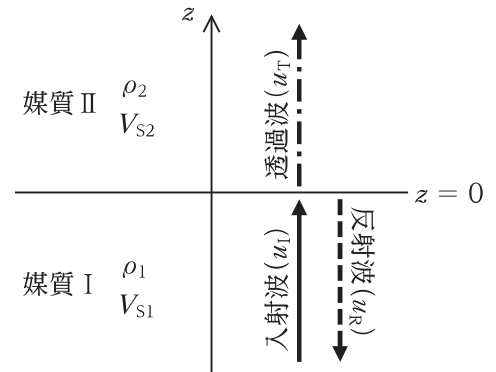
ただし、 $z = 0$ では変位と z 方向の応力の値が連続なので

$$u(z, t)|_{z=0-} = u(z, t)|_{z=0+}$$

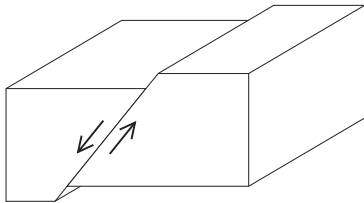
$$\rho_1 V_{S1}^2 \frac{\partial u(z, t)}{\partial z} \Big|_{z=0-} = \rho_2 V_{S2}^2 \frac{\partial u(z, t)}{\partial z} \Big|_{z=0+}$$

が成り立つものとする。

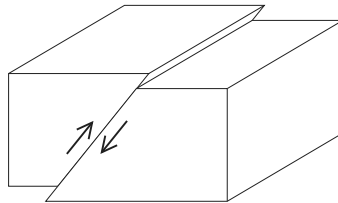
1. $A \frac{\rho_1 V_{S1}}{\rho_1 V_{S1} + \rho_2 V_{S2}}$
2. $A \frac{2\rho_1 V_{S1}}{\rho_1 V_{S1} + \rho_2 V_{S2}}$
3. $A \frac{2\rho_1 V_{S1}}{2\rho_1 V_{S1} + \rho_2 V_{S2}}$
4. $A \frac{\rho_1 V_{S1} - \rho_2 V_{S2}}{2\rho_1 V_{S1} + \rho_2 V_{S2}}$
5. $A \frac{2\rho_1 V_{S1} - \rho_2 V_{S2}}{2\rho_1 V_{S1} + \rho_2 V_{S2}}$



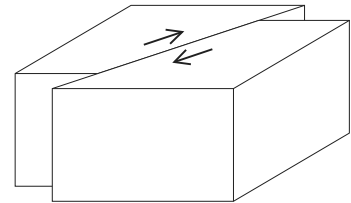
【No. 50】 断層には、正断層、逆断層、横ずれ断層の3種類がある。水平方向の二つの軸と鉛直方向の軸のうち、地震によって断層が形成される際、断層付近に働いた圧縮力が最も高い方向と最も低い方向をそれぞれ主圧力軸と主張力軸と呼ぶ。図の3種類の断層のうち、主圧力軸が水平方向のときに生じ得るもののみを全て挙げているのはどれか。



㉞正断層



㉟逆断層



㊱横ずれ断層

1. ㉞
2. ㉞、㉟
3. ㉟
4. ㉟、㊱
5. ㊱

G1－2026 物理 専門（多肢選択式）

正答番号表

No	正答	No	正答	No	正答
1	4	21	3	41	5
2	1	22	5	42	4
3	5	23	3	43	4
4	2	24	1	44	4
5	2	25	1	45	3
6	1	26	2	46	4
7	3	27	5	47	2
8	4	28	2	48	1
9	2	29	5	49	2
10	3	30	2	50	4
11	3	31	3		
12	4	32	2		
13	3	33	1		
14	2	34	4		
15	4	35	3		
16	4	36	1		
17	4	37	5		
18	4	38	4		
19	2	39	2		
20	2	40	4		