G1－2023－ 物　理

専門(多肢選択式)試験問題

注　意　事　項

1. 問題は **50 題**(**35 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。

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。

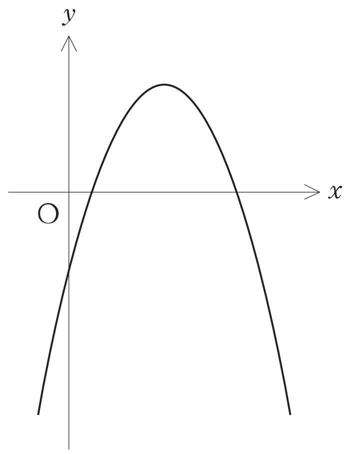
途中で退室する場合………本試験種目終了後の問題集の持ち帰りを　**希望しない**

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。

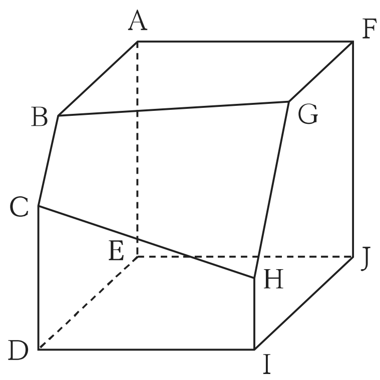
【No.　**1**】　2次関数に関する次の記述のⓐ、ⓑ、ⓒに当てはまるものの組合せとして正しいのはどれか。

「$y = ax^2 + bx + c$ のグラフが図のようになるとき、b は $\boxed{\text{ア}}$ 、$b^2 - 4ac$ は $\boxed{\text{イ}}$ 、$a - b + c$ は $\boxed{\text{ウ}}$ となる。」

	㋐	㋑	㋒
1.	正	正	正
2.	正	正	負
3.	正	負	負
4.	負	負	正
5.	負	負	負



【No.　**2**】　図のように、一辺の長さが6の立方体を一つの平面で切り取ってできた立体がある。AB = 5、CD = 4、FG = 4、HI = 2であるとき、この立体の体積はいくらか。



1. 196
2. 198
3. 200
4. 202
5. 204

【No.　3】 xy 平面上において、曲線 $y = x^3 + kx^2 + 2x + 4$ 上の $x = 1$ の点における接線が原点を通るとき、定数 k の値はいくらか。

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

【No.　4】 $\displaystyle\int_0^{\pi} \sin^2 x\,dx$ の値はいくらか。

1. $\dfrac{1}{4}\pi$
2. $\dfrac{1}{3}\pi$
3. $\dfrac{1}{2}\pi$
4. $\dfrac{2}{3}\pi$
5. $\dfrac{3}{4}\pi$

【No.　5】 女子２人、男子２人の合計４人で１回じゃんけんをするとき、男子が２人とも負ける確率はいくらか。

ただし、４人はグー、チョキ、パーをそれぞれ $\frac{1}{3}$ の確率で出すものとする。

1. $\frac{1}{27}$
2. $\frac{2}{27}$
3. $\frac{1}{9}$
4. $\frac{4}{27}$
5. $\frac{1}{3}$

【No.　6】 xyz 空間における位置ベクトル $\boldsymbol{r}$ を $\boldsymbol{r} = x\boldsymbol{i} + y\boldsymbol{j} + z\boldsymbol{k}$, $|\boldsymbol{r}| = r$ とするとき、$\nabla \times \boldsymbol{r}$ と $\nabla \cdot \frac{\boldsymbol{r}}{r^3}$ の組合せとして正しいのはどれか。

ただし、$r \neq 0$ とし、$\boldsymbol{i}$, $\boldsymbol{j}$, $\boldsymbol{k}$ はそれぞれ x, y, z 軸方向の単位ベクトルである。

	$\nabla \times \boldsymbol{r}$	$\nabla \cdot \frac{\boldsymbol{r}}{r^3}$
1.	$\boldsymbol{0}$	0
2.	$\boldsymbol{0}$	$\frac{3}{r^3}$
3.	$\boldsymbol{0}$	$\frac{3}{r^5}$
4.	$3\boldsymbol{r}$	0
5.	$3\boldsymbol{r}$	$\frac{3}{r^3}$

【No.　7】 2進数で表された次の計算の結果を2進数で表したものとして正しいのはどれか。

$$101010111 \div 111 + 11101$$

1. 1000101
2. 1001000
3. 1001011
4. 1001110
5. 1101110

【No.　8】 ある値の近似値をニュートン法を応用して求めることを考える。

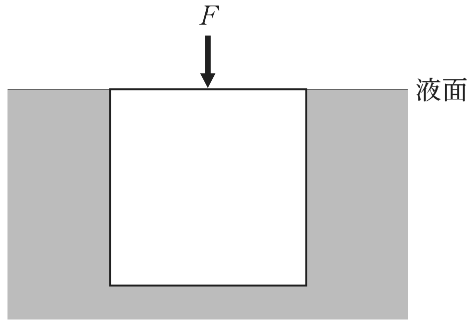
ニュートン法は、関数 $f(x)$ を方程式 $f(x)=0$ のある近似解 x_n のまわりにテイラー展開した下式について、左辺を0、右辺第3項以下を0とした方程式の解 x を新たな近似解 x_{n+1} とし、x_{n+2}, x_{n+3}, …を繰り返し計算することにより、方程式 $f(x)=0$ の近似解を求める方法である。

$$f(x)=f(x_n)+f'(x_n)(x-x_n)+\frac{1}{2}f''(x_n)(x-x_n)^2+\cdots$$

いま、この方法を応用して $\sqrt[4]{a}$ の近似値(ただし、$a>0$)を求める。i 番目の近似値を x_i としたとき、x_{i+1} を x_i で表した式として最も妥当なのはどれか。

1. $x_{i+1}=x_i-\dfrac{x_i^4+a}{4x_i^3}$
2. $x_{i+1}=x_i-\dfrac{x_i^4-a}{4x_i^3}$
3. $x_{i+1}=x_i-\dfrac{4x_i^3}{x_i^4+a}$
4. $x_{i+1}=x_i-\dfrac{4x_i^3}{x_i^4-a}$
5. $x_{i+1}=x_i+\dfrac{x_i^4+a}{4x_i^3}$

【No.　9】 浮力に関する次の記述の㋐、㋑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、密度 $1.2 \times 10^3\,\mathrm{kg/m^3}$ の液体に、密度 $1.0 \times 10^3\,\mathrm{kg/m^3}$ で一辺の長さ 0.10 m の一様な立方体を浮かべた後、立方体の上面と液面が一致して静止するように鉛直下向きに大きさ F の力を立方体の上面に加えた。このとき、F の大きさは $\boxed{㋐}$ N となる。また、この状態から、加えた力を取り去ったとき、その瞬間の立方体の加速度の大きさは $\boxed{㋑}$ $\mathrm{m/s^2}$ となる。

ただし、重力加速度の大きさを $10\,\mathrm{m/s^2}$ とする。また、摩擦及び表面張力は無視し、立方体は鉛直方向にのみ動くものとする。」

	㋐	㋑
1.	0.2	0.5
2.	0.2	2
3.	2	0.5
4.	2	2
5.	8	0.5

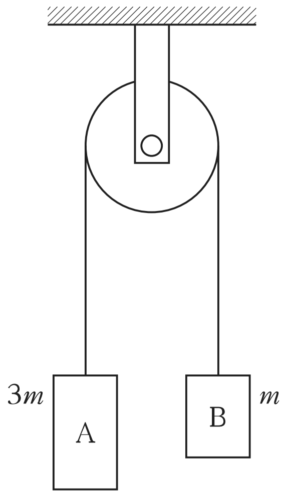
【No.　10】 東向きに速さ 10 m/s で飛んでいる質量 0.20 kg の小球をバットで打ち返したところ、小球は北向きに速さ 10 m/s で飛んでいった。このとき、小球がバットから受けた力積の大きさとして最も妥当なのはどれか。

ただし、小球の運動は水平面内で起こるものとし、重力の影響は無視するものとする。

1. 0.70 N･s
2. 1.0 N･s
3. 1.4 N･s
4. 2.0 N･s
5. 2.8 N･s

【No.　**11**】　図のように、質量 $3m$ の小物体 A と質量 m の小物体 B を糸でつなぎ、滑らかに回転する軽い定滑車にかけ、静かに放したところ、A と B は運動を始めた。このとき、糸の張力の大き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 とする。



1.　$\frac{1}{2}mg$

2.　mg

3.　$\frac{3}{2}mg$

4.　$2mg$

5.　$\frac{5}{2}mg$

【No.　**12**】　軽いばねの一端を天井に固定し、他端に小物体 P を取り付けると、ばねが自然長から $5.0 \times 10^{\ 2}$ m 伸びて釣り合った。その後、P を鉛直方向に少しだけ引っ張り静かに放すと、P は鉛直方向に単振動した。この単振動の角振動数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 $9.8\ \mathrm{m/s^2}$ とする。

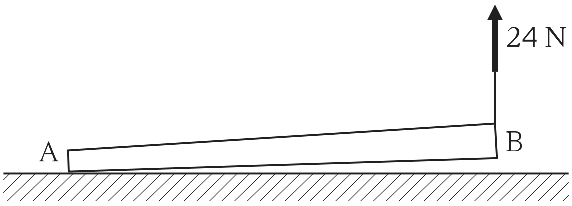
1.　7.0 rad/s
2.　10 rad/s
3.　14 rad/s
4.　17 rad/s
5.　21 rad/s

【No.　**13**】 水平な地面に、長さが 1.2 m で太さが**一様でない**細い棒が置かれている。

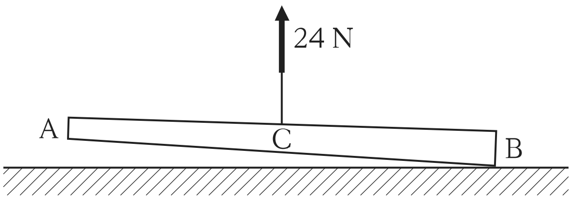
まず、図Ⅰのように、棒の一端 B に糸を付け、糸を鉛直上向きに引っ張ったところ、B を持ち上げるのに 24 N の力を必要とした。このとき、他端 A は地面についたままであった。

次に、図Ⅱのように、A と B の中点 C に糸を付け、糸を鉛直上向きに引っ張ったところ、C を持ち上げるのに 24 N の力を必要とした。このとき、B は地面についたままであった。

A から棒の重心までの距離として最も妥当なのはどれか。



図Ⅰ

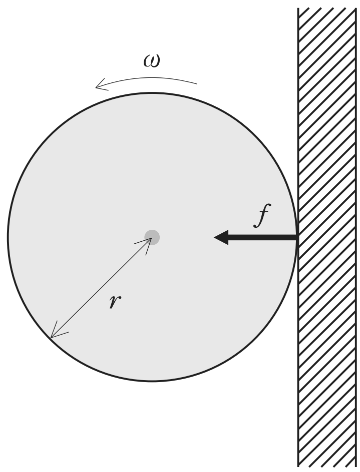


図Ⅱ

1.　0.70 m
2.　0.80 m
3.　0.90 m
4.　1.0 m
5.　1.1 m

【No.　14】 質量 m、半径 r の一様な円盤が、それに垂直な中心軸の周りに角速度 ω で回転している。図のように、この円盤の外周に板を中心軸に向かって力 f で押し付けたところ、円盤は板を押し付け始めてから角度 θ だけ回転して静止した。円盤と板の間の動摩擦係数が μ で表されるとき、θ の値として最も妥当なのはどれか。

ただし、円盤の変形は無視できるものとし、回転軸は動かないものとする。



1. $\dfrac{mr\omega^2}{4\mu f}$
2. $\dfrac{mr\omega^2}{2\mu f}$
3. $\dfrac{mr\omega^2}{\mu f}$
4. $\dfrac{2mr\omega^2}{\mu f}$
5. $\dfrac{4mr\omega^2}{\mu f}$

【No. **15**】 円管内流れに関する次の記述の㋐、㋑、㋒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。

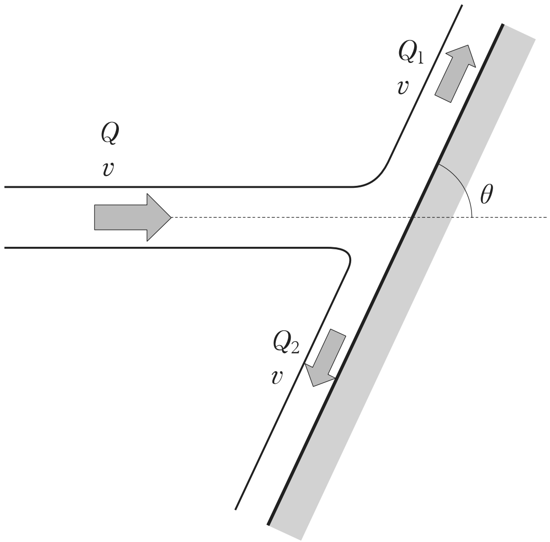
「内径 D の円管内を、密度 ρ、粘度(粘性率) μ の非圧縮性流体が平均流速 V で定常的に流れている。このとき、レイノルズ数は $\boxed{㋐}$ と表される。平均流速の増大とともにレイノルズ数が増大し、ある値を超えたとき、流れは $\boxed{㋑}$ に遷移する。また、流体が管の長さ L だけ流れる間に圧力が P_1 から P_2 に降下したとすると、その差 $(P_1 - P_2)$ が摩擦による圧力損失であり、その大きさは L に $\boxed{㋒}$ する。」

	㋐	㋑	㋒
1.	$\dfrac{\mu DV}{\rho}$	層流	反比例
2.	$\dfrac{\mu DV}{\rho}$	乱流	比例
3.	$\dfrac{\rho DV}{\mu}$	層流	反比例
4.	$\dfrac{\rho DV}{\mu}$	乱流	比例
5.	$\dfrac{\rho DV}{\mu}$	乱流	反比例

【No. 16】 図のように、ある完全流体が、水平面上を流量 Q、流速 v で壁面に対して角度 $\theta\,(0 < \theta < \pi)$ で衝突し、流量 Q_1, Q_2 の二つの流れに分かれ、どちらも流速 v のまま壁面に平行に流れている。このとき、Q_1 と Q_2 の組合せとして最も妥当なのはどれか。

ただし、流体と壁面との間の摩擦は無視できるものとする。

	Q_1	Q_2
1.	$\dfrac{Q}{2}$	$\dfrac{Q}{2}$
2.	$\dfrac{Q(1-\sin\theta)}{2}$	$\dfrac{Q(1+\sin\theta)}{2}$
3.	$\dfrac{Q(1+\sin\theta)}{2}$	$\dfrac{Q(1-\sin\theta)}{2}$
4.	$\dfrac{Q(1-\cos\theta)}{2}$	$\dfrac{Q(1+\cos\theta)}{2}$
5.	$\dfrac{Q(1+\cos\theta)}{2}$	$\dfrac{Q(1-\cos\theta)}{2}$



【No.　17】 同じヤング率をもつ2本の棒A, Bがある。Aは長さl、断面積$2s$、Bは長さ$2l$、断面積sである。図のように、AとBを1本に接合し、両側から力Fで押した。このときのAの縮みをΔl_A、Bの縮みをΔl_Bとすると、$\dfrac{\Delta l_B}{\Delta l_A}$として最も妥当なのはどれか。

なお、長さL、断面積Sの一様な棒に力Fを加えたときの縮みをΔLとすると、この棒のヤング率は$\dfrac{F/S}{\Delta L/L}$で表される。

棒A
長さ：l
断面積：$2s$

棒B
長さ：$2l$
断面積：s

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

【No. 18】 xyz 空間における一様な弾性体中の応力テンソルが次のように表されるとき、この弾性体中の任意の面に作用する接線応力と法線応力の大きさの組合せとして最も妥当なのはどれか。

$$\begin{pmatrix} \sigma & 0 & 0 \\ 0 & \sigma & 0 \\ 0 & 0 & \sigma \end{pmatrix}$$

	接線応力	法線応力
1.	0	σ
2.	0	3σ
3.	σ	0
4.	σ	σ
5.	3σ	0

【No. **19**】 速さが共に 1.0 m/s、振動数が共に 5.0 Hz で振幅の等しい二つの正弦波が一直線上を互いに逆向きに進んで重なり、定常波(定在波)をつくっている。この定常波の隣り合う腹と腹の間隔として最も妥当なのはどれか。

1. 0.10 m
2. 0.20 m
3. 0.40 m
4. 0.50 m
5. 5.0 m

【No. **20**】 線密度の異なる二つの弦のつなぎ目での波の透過と反射を考える。弦に沿って x 軸をとり、$x = 0$ を接続点として時間 t とともに x 軸方向に横波が伝播するとする。波の伝播する速さは、$x < 0$ で v_1、$x > 0$ で v_2 である(v_1, v_2 はともに正)。$x < 0$ に入射波として変位 $f(x - v_1 t)$ を与えたところ、$x = 0$ で反射と透過が生じて変位 $u(x, t)$ は次のようになった。

$$u(x, t) = \begin{cases} f(x - v_1 t) + g_1(x + v_1 t) & (x < 0) \\ g_2(x - v_2 t) & (x > 0) \end{cases}$$

接続点の両側で変位及び x 軸と弦のなす角が常に等しいとき、反射波の変位 $g_1(x + v_1 t)$ 及び透過波の変位 $g_2(x - v_2 t)$ を f を用いて表した式の組合せとして最も妥当なのはどれか。

	$g_1(x + v_1 t)$	$g_2(x - v_2 t)$
1.	$\dfrac{2v_1}{v_1 + v_2} f(x - v_1 t)$	$\dfrac{2v_2}{v_1 + v_2} f\left(\dfrac{v_1}{v_2}(x - v_2 t)\right)$
2.	$\dfrac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} f(x - v_1 t)$	$\dfrac{2v_2}{v_1 + v_2} f(x - v_1 t)$
3.	$\dfrac{v_1 - v_2}{v_1 + v_2} f(-x - v_1 t)$	$\dfrac{2v_2}{v_1 + v_2} f\left(\dfrac{v_1}{v_2}(x - v_2 t)\right)$
4.	$\dfrac{v_2 - v_1}{v_1 + v_2} f(-x - v_1 t)$	$\dfrac{2v_2}{v_1 + v_2} f(x - v_1 t)$
5.	$\dfrac{v_2 - v_1}{v_1 + v_2} f(-x - v_1 t)$	$\dfrac{2v_2}{v_1 + v_2} f\left(\dfrac{v_1}{v_2}(x - v_2 t)\right)$

【No.　**21**】　ある放射性原子核の半減期が 25 日であるとき、初めに存在した原子核の数が $\frac{1}{6}$ になるのに要する日数として最も妥当なのはどれか。

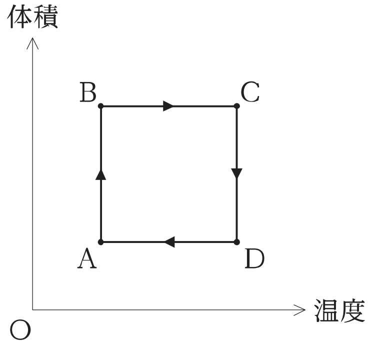
ただし、$\log_{10}2 = 0.30$、$\log_{10}3 = 0.48$ とする。また、初めに存在した原子核の数を N_0、半減期を T、経過時間を t とすると、未崩壊の原子核の数 N は、

$$N = N_0\left(\frac{1}{2}\right)^{\frac{t}{T}}$$

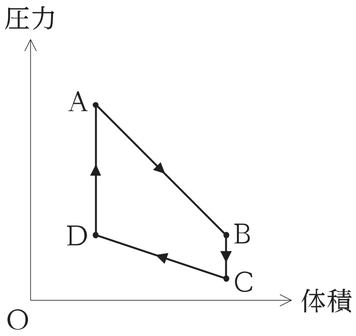
で与えられるものとする。

1.　58 日
2.　60 日
3.　63 日
4.　65 日
5.　68 日

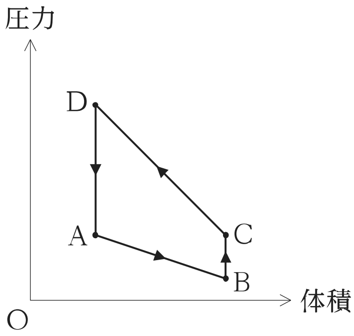
【No. **22**】 体積が変えられる容器に理想気体が閉じ込められている。この気体を、右に示す温度と体積のグラフのように、A → B → C → D → A のサイクルでゆっくりと状態変化させた。このとき、このサイクルの体積と圧力の関係を表したグラフとして最も妥当なのはどれか。



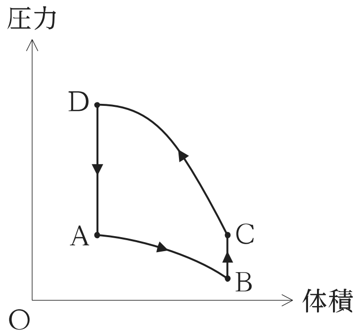
1.



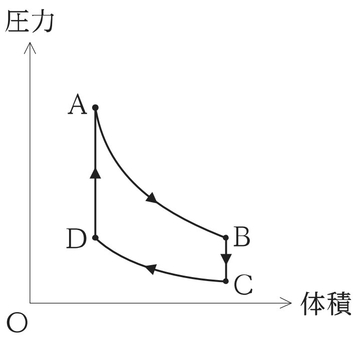
2.



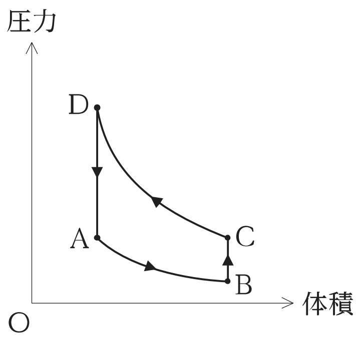
3.



4.



5.



【No. 23】 エントロピーに関する記述㋐、㋑、㋒のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

㋐ 二つの固体をこすり合わせて摩擦熱を発生させ、固体の温度を上昇させたとき、固体のエントロピーは増加する。

㋑ 外界との間に熱の出入りがない断熱系のエントロピーは減少しない。

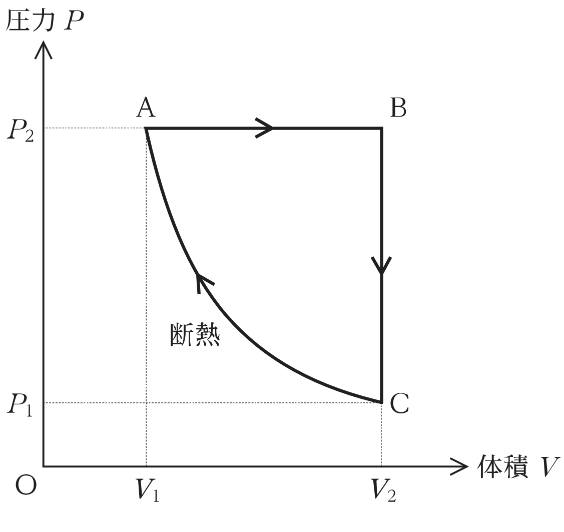
㋒ 高温の系から低温の系に熱が流れたとき、全系のエントロピーは変化しない。

1. ㋐
2. ㋐、㋑
3. ㋐、㋑、㋒
4. ㋐、㋒
5. ㋑、㋒

【No. 24】 圧力 P、体積 V の理想気体において、図のような P-V 図上のサイクル A → B → C → A の変化(ただし、A → B は定圧変化、B → C は定積変化、C → A は断熱変化)を準静的に行う熱機関を考える。この熱機関が、A → B 間で熱源から受け取る熱を $Q_{\mathrm{in}}\,(>0)$、B → C 間で熱源に与える熱を $Q_{\mathrm{out}}\,(>0)$、外部に行う仕事を $W = Q_{\mathrm{in}} - Q_{\mathrm{out}}$ としたとき、熱機関の効率 $\eta = \dfrac{W}{Q_{\mathrm{in}}}$ として最も妥当なのはどれか。

ただし、この気体の定圧モル比熱を C_P、定積モル比熱を C_V、比熱比を $\gamma = \dfrac{C_P}{C_V}$ とする。

1. $1 - \dfrac{\gamma V_2(P_2 - P_1)}{P_2(V_2 - V_1)}$
2. $1 - \dfrac{\gamma P_2(V_2 - V_1)}{V_2(P_2 - P_1)}$
3. $1 - \dfrac{V_2(P_2 - P_1)}{\gamma P_2(V_2 - V_1)}$
4. $1 - \dfrac{P_2(V_2 - V_1)}{\gamma V_2(P_2 - P_1)}$
5. 1

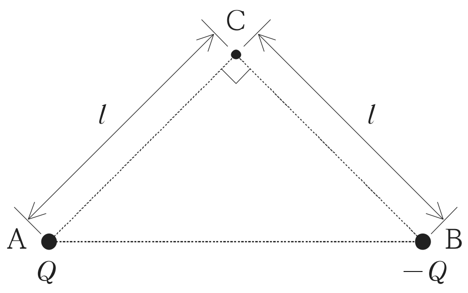


【No.　25】 一成分の気体の熱力学的物理量について、示量的な状態量のみを挙げているのはどれか。ただし、ここで状態量とは、熱平衡状態に対して一つに定まる物理量のことをいう。

1. 物質量、体積、内部エネルギー
2. 物質量、体積、断熱変化で気体がする仕事
3. 物質量、温度、断熱変化で気体がする仕事
4. 体積、温度、内部エネルギー
5. 温度、内部エネルギー、断熱変化で気体がする仕事

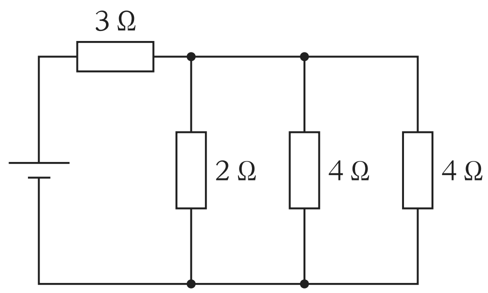
【No. **26**】 図のような $\angle ACB = 90^\circ$ の直角二等辺三角形ABCがあり、辺AC及び辺BCの長さは共に l である。点Aに電気量 $Q(Q > 0)$、点Bに電気量 $-Q$ の点電荷をそれぞれ置いたとき、点Cにおける電場の強さとして最も妥当なのはどれか。

ただし、クーロンの法則の比例定数を k とする。



1. 0
2. $\dfrac{\sqrt{2}\,kQ}{l^2}$
3. $\dfrac{2kQ}{l^2}$
4. $\dfrac{\sqrt{2}\,kQ}{l}$
5. $\dfrac{2kQ}{l}$

【No. **27**】 図のような回路において、抵抗値3Ωの抵抗で消費される電力を P_1 とし、回路全体で消費される電力を P_2 とすると、$\dfrac{P_1}{P_2}$ として最も妥当なのはどれか。



1. $\dfrac{1}{8}$
2. $\dfrac{1}{4}$
3. $\dfrac{1}{2}$
4. $\dfrac{3}{4}$
5. $\dfrac{7}{8}$

（下書き用紙）

（下書き用紙）

（下書き用紙）

（下書き用紙）

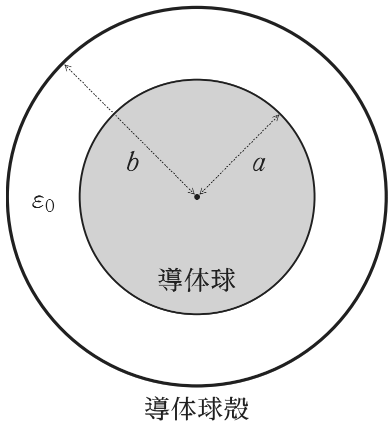
【No.　**28**】 xyz 空間において、z 軸に平行に無限に伸び、z 軸の正の向きに電流 I が流れる３本の導線 A，B，C を考える。A と B はそれぞれ xy 平面上の点$(d, 0, 0)$と$(-d, 0, 0)$を通り$(d > 0)$、C は A，B から等距離にある xy 平面上の点$(0, y_C, 0)$を通る。導線 A と B がつくる磁場によって導線 C が y 軸の正の向きに最も大きな力を受けるとき、y_C の値として最も妥当なのはどれか。

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

【No.　**29**】 図のような、半径 a の内部導体球と、半径 $b\,(> a)$の外部導体球殻から成る同心球コンデンサーがある。このコンデンサーの静電容量として最も妥当なのはどれか。

ただし、外部導体球殻の厚みは無視できるものとする。また、導体間の空洞部分の誘電率は真空の誘電率 ε_0 と等しいとする。

1. $4\pi\varepsilon_0 \dfrac{ab}{a+b}$
2. $4\pi\varepsilon_0 \dfrac{a+b}{ab}$
3. $4\pi\varepsilon_0 (b-a)$
4. $4\pi\varepsilon_0 \dfrac{ab}{b-a}$
5. $4\pi\varepsilon_0 \dfrac{b-a}{ab}$



【No. **30**】 真空の透磁率の単位を SI 基本単位で表したものとして正しいのはどれか。

1. $kg \cdot m \cdot s^{-1} \cdot A^{-1}$
2. $kg \cdot m \cdot s^{-1} \cdot A^{-2}$
3. $kg \cdot m \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
4. $kg \cdot m^{2} \cdot s^{-1} \cdot A^{-2}$
5. $kg \cdot m^{2} \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$

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**】 1 次元の力学系を考え、正準変数を(q, p)とする。A, B を q, p の滑らかな関数として、ポアソン括弧は

$$\{A, B\} = \frac{\partial A}{\partial q}\frac{\partial B}{\partial p} - \frac{\partial A}{\partial p}\frac{\partial B}{\partial q}$$

によって定義される。A, B, C を q, p の滑らかな関数とするとき、次の式を計算した結果として正しいのはどれか。

$$\{\{A, B\}, C\} + \{\{B, C\}, A\} + \{\{C, A\}, B\}$$

1. 0
2. $\dfrac{\partial A}{\partial q}\dfrac{\partial^2 B}{\partial p^2}\dfrac{\partial C}{\partial q} + \dfrac{\partial B}{\partial q}\dfrac{\partial^2 C}{\partial p^2}\dfrac{\partial A}{\partial q} + \dfrac{\partial C}{\partial q}\dfrac{\partial^2 A}{\partial p^2}\dfrac{\partial B}{\partial q}$
3. $\dfrac{\partial A}{\partial p}\dfrac{\partial^2 B}{\partial q^2}\dfrac{\partial C}{\partial p} + \dfrac{\partial B}{\partial p}\dfrac{\partial^2 C}{\partial q^2}\dfrac{\partial A}{\partial p} + \dfrac{\partial C}{\partial p}\dfrac{\partial^2 A}{\partial q^2}\dfrac{\partial B}{\partial p}$
4. $\dfrac{\partial A}{\partial q}\dfrac{\partial^2 B}{\partial q \partial p}\dfrac{\partial C}{\partial p} + \dfrac{\partial B}{\partial p}\dfrac{\partial^2 C}{\partial q \partial p}\dfrac{\partial A}{\partial p} + \dfrac{\partial C}{\partial q}\dfrac{\partial^2 A}{\partial q \partial p}\dfrac{\partial B}{\partial p}$
5. $\left(\dfrac{\partial A}{\partial q}\dfrac{\partial B}{\partial p} - \dfrac{\partial A}{\partial p}\dfrac{\partial B}{\partial q}\right)\dfrac{\partial^2 C}{\partial q \partial p} + \left(\dfrac{\partial B}{\partial q}\dfrac{\partial C}{\partial p} - \dfrac{\partial B}{\partial p}\dfrac{\partial C}{\partial q}\right)\dfrac{\partial^2 A}{\partial q \partial p} + \left(\dfrac{\partial C}{\partial q}\dfrac{\partial A}{\partial p} - \dfrac{\partial C}{\partial p}\dfrac{\partial A}{\partial q}\right)\dfrac{\partial^2 B}{\partial q \partial p}$

【No. 32】 体積 V の箱の中に N 個の相互作用のないフェルミ粒子が入っている。$\varepsilon_j\,(j = 1, 2, \cdots)$ を 1 粒子固有状態 j におけるエネルギー準位、Δ_j をその縮重度、n_j を j にある粒子の数とする。系の状態を $\{n_1, n_2, \cdots\} = \{n_j\}$ によって指定したとき、系のとり得る状態数 $W_{\{n_j\}}$ として最も妥当なのはどれか。

1. $\displaystyle\prod_j \frac{\Delta_j!}{n_j!}$
2. $\displaystyle\prod_j \frac{\Delta_j!}{n_j!(\Delta_j - n_j)!}$
3. $\displaystyle\prod_j \frac{(\Delta_j + n_j - 1)!}{n_j!(\Delta_j - 1)!}$
4. $\displaystyle N!\prod_j \frac{1}{n_j!}$
5. $\displaystyle N!\prod_j \frac{\Delta_j!}{n_j!}$

【No. 33】 大きさ 1 のスピン 1 個から成る系があり、そのエネルギー固有値がスピン変数 σ を用いて

$$E(\sigma) = A\sigma^2$$

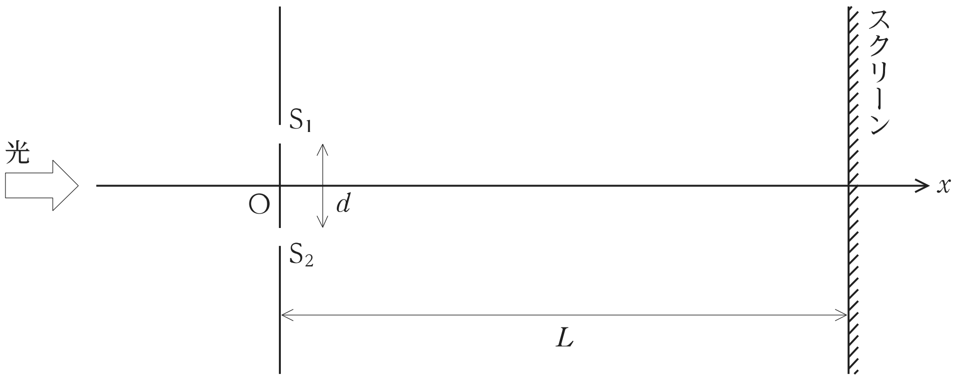
と表せるとする。ここで A は正の定数であり、また、σ は $-1, 0, 1$ のいずれかの値をとるものとする。この系の温度 T の熱平衡状態をカノニカル分布を用いて考える。逆温度を $\beta = \dfrac{1}{k_{\mathrm{B}}T}$ としたとき、$\beta A \gg 1$ を満たす低温でのエネルギーの期待値として最も妥当なのはどれか。

ただし、k_{B} はボルツマン定数である。

1. $Ae^{-\beta A}$
2. $2Ae^{-\beta A}$
3. $3Ae^{-\beta A}$
4. $A(2e^{-\beta A} + 1)$
5. $2A(e^{-\beta A} + 1)$

【No. **34**】 図は、ヤングの回折実験の装置である。いま、単色光源の強度を微弱にして光子が一つずつ射出されるようにする。光は x 軸負の領域から $x = 0$ にある複スリット S_1, S_2 に入射し、光子はスクリーン上で輝点として記録される。光子がスリットを通過する際には、どちらのスリットを通過したかを毎回測定するものとする。光の射出を始めてから十分に時間が経った後、スクリーン上に記録された輝点の様子として最も妥当なのはどれか。

ただし、光の波長 $\lambda = 400$ nm、スリットの間隔 $d = 1$ mm、スリットからスクリーンまでの距離 $L = 5$ m とする。



1. スクリーン上には 1 mm 間隔の干渉縞が見え、中央が明線になっている。
2. スクリーン上には 2 mm 間隔の干渉縞が見え、中央が明線になっている。
3. スクリーン上には 1 mm 間隔の干渉縞が見え、中央が暗線になっている。
4. スクリーン上には 2 mm 間隔の干渉縞が見え、中央が暗線になっている。
5. スクリーン上に干渉縞は観測されない。

【No. **35**】 1次元井戸型ポテンシャル

$$V(x) = \begin{cases} 0 & (0 \leqq x \leqq L) \\ \infty & (x < 0,\ x > L) \end{cases} \qquad (L \text{ は正の定数})$$

の中を質量 m の量子力学的粒子が運動している。この系のエネルギー固有値 $\dfrac{8\pi^2\hbar^2}{mL^2}$ に対応する固有状態の波動関数がもつ $0 < x < L$ の範囲の節の数として最も妥当なのはどれか。

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

【No. **36**】 運動エネルギー5 eVの電子線を、高さ6 eV、厚さ2 nmの箱型ポテンシャル障壁に入射させる。10^{10} 個の電子を入射させたとき、ポテンシャル障壁を透過する電子の数として最も妥当なのはどれか。

ただし、電子の静止エネルギーを $mc^2 = 511$ keV、$\hbar c = 200$ eV・nmとし、必要ならば $e^{-10} \approx 4.5 \times 10^{-5}$ を用いてよい。なお、c は光速である。

1. 0
2. 20
3. 1×10^3
4. 5×10^4
5. 5×10^6

【No. **37**】 結晶がもち得る点対称操作について、立方晶系の結晶が必ずもつ操作のみを挙げているのはどれか。

1. 反転、鏡映
2. 反転、２回回転
3. 反転、３回回転
4. 鏡映、２回回転
5. ２回回転、３回回転

【No. **38**】 静止した質量 m の物質は、光速を c としたとき、mc^2 のエネルギーをもつ。核反応の質量欠損に伴い発生したエネルギーを用いて、0℃の水を沸騰させ気化させることを考える。1 g の質量欠損が起こったとき、そのエネルギーを全て用いて気化させることができる水の量を 25 m プールで換算したものとして最も妥当なのはどれか。

ただし、プール１杯分は、プールを満杯にしたときの水の量とし、プールのサイズは 25 m × 12 m × 1 m とする。水の気化熱は 540 cal/g、1 cal = 4.2 J とする。

1. およそ 1 杯分
2. およそ 10 杯分
3. およそ 100 杯分
4. およそ 1000 杯分
5. およそ 1 万杯分

【No. **39**】 磁場中に置かれた物質が示す磁性に関する記述として最も妥当なのはどれか。

1. 全ての電子殻が閉殻となっている原子やイオンは磁気モーメントをもたない。
2. 自由電子気体では、上向きと下向きのスピンをもった二つの電子が組となってそれぞれの軌道を占めるため、自由電子気体は磁場中でも磁気モーメントをもたない。
3. 金属の伝導電子は磁場を打ち消すような電流をつくるため、ほとんどの金属は反磁性を示す。
4. 強磁性体である鉄やニッケルでは、伝導電子が磁気モーメントをもっている。
5. 絶縁体の遷移金属化合物において遷移金属イオンの磁気モーメント間に働く交換相互作用は、常に磁気モーメントを同じ方向に揃えようとする相互作用である。

【No. **40**】 素粒子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。

「素粒子の標準模型で唯一未発見であった $\boxed{\text{ア}}$ は、2012 年に欧州合同原子核研究機構(CERN)の大型ハドロン衝突型加速器(LHC)によって発見したと発表された。$\boxed{\text{ア}}$ は $\boxed{\text{イ}}$ を通してあらゆる物質粒子に $\boxed{\text{ウ}}$ を与える働きをする。トップ・クォークと電子を比べれば、$\boxed{\text{ア}}$ は $\boxed{\text{エ}}$ 桁以上も違う素粒子の $\boxed{\text{ウ}}$ を生み出していることになる。」

	ア	イ	ウ	エ
1.	重力子	重力相互作用	エネルギー	10
2.	重力子	重力相互作用	質量	10
3.	ヒッグス粒子	重力相互作用	エネルギー	5
4.	ヒッグス粒子	湯川型相互作用	エネルギー	10
5.	ヒッグス粒子	湯川型相互作用	質量	5

【No.　41】　風の弱い晴れた日中において、平坦で地表面状態が一様な陸上の大気境界層の一般的な特徴に関する記述㋐～㋓のうち、妥当なもののみを挙げているのはどれか。

㋐　接地層と移行層を除く大気境界層内では、大気が上下によくかき混ぜられているため、風速は高度によらずほぼ一様である。

㋑　水蒸気は地表面から大気に供給されるため、相対湿度は接地層の上端から大気境界層の上端まで高度とともに減少する。

㋒　接地層内では、温位が高度とともに減少する絶対不安定な状態が持続することがある。

㋓　大気境界層内の気温は、日の出から午後にかけて上昇するが、大気境界層の上端の高度は、その間ほとんど変化しない。

1. ㋐、㋑
2. ㋐、㋒
3. ㋑、㋒
4. ㋑、㋓
5. ㋒、㋓

【No.　42】　傾度風に関する次の記述の㋐、㋑、㋒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。

「北半球において反時計回りの流れを伴う低気圧は、台風のように非常に強い風を伴うことがある。一方で、時計回りの流れを伴う高気圧では、低気圧ほどには風が強まることはない。これは、高気圧の傾度風平衡において、遠心力に対して気圧傾度力が $\boxed{\text{㋐}}$ 向きに、コリオリ力が $\boxed{\text{㋑}}$ 向きに働くことや、風が強いほどコリオリ力に対する遠心力の比率が $\boxed{\text{㋒}}$ なることと関係している。」

	㋐	㋑	㋒
1.	同じ	逆の	大きく
2.	同じ	逆の	小さく
3.	逆の	同じ	大きく
4.	逆の	同じ	小さく
5.	逆の	逆の	大きく

【No. **43**】 静力学平衡が成立し、気圧 p と海面からの高度 z の関係が次のように表される大気を考える。

$$\frac{dp}{dz} = -\rho g$$

ここで、ρ は大気の密度、g は重力加速度の大きさである。この大気は、温度を T、気体定数を R としたとき、次の状態方程式を満たすものとする。

$$p = \rho RT$$

また、高度 z における温度 T は海面における温度 T_0 と気温減率 Γ(正の定数)を用いて次のように表されるものとする。

$$T = T_0 - \Gamma z$$

海面における気圧が p_0 であるとき、高度 z における気圧として最も妥当なのはどれか。

　ただし、g は高度によらず一定とする。

1. $p_0\left(1-\dfrac{\Gamma z}{T_0}\right)^{\frac{g}{R\Gamma}}$
2. $p_0\left(1-\dfrac{\Gamma z}{T_0}\right)^{\frac{\Gamma}{Rg}}$
3. $p_0\left(1-\dfrac{\Gamma z}{T_0}\right)^{\frac{R\Gamma}{g}}$
4. $p_0\left(1-\dfrac{T_0 z}{\Gamma}\right)^{\frac{g}{R\Gamma}}$
5. $p_0\left(1-\dfrac{T_0 z}{\Gamma}\right)^{\frac{\Gamma}{Rg}}$

【No. **44**】 大気中における水滴の生成と成長に関する記述㋐～㋓のうち、妥当なもののみを全て挙げているのはどれか。

㋐ 大気中の微粒子(エーロゾル)の存在により、水蒸気の凝結が進むためには数百％以上の著しい過飽和の条件が必要である。

㋑ 水蒸気の凝結による水滴の成長過程では、過飽和度が一定の場合、水滴の半径が小さいほど単位時間当たりの半径の増加量は大きい。

㋒ 水滴の落下の終端速度は、水滴の大きさによらない。

㋓ 水滴の併合過程では、水滴の大きさ以外の条件が同じであるとき、雲内の水滴の大きさが不揃いな場合よりも大きさが一様な場合の方が衝突して併合する可能性が大きくなる。

1. ㋐、㋑
2. ㋐、㋓
3. ㋑
4. ㋒
5. ㋒、㋓

【No.　45】　海洋の循環に関する記述として最も妥当なのはどれか。

1. 西岸境界流の一つである黒潮は日本の南方沖を東向きに流れており、本州の南岸付近の海面は、黒潮を挟んで南側の海面より高い。
2. コリオリ力の影響を受けた海面付近の摩擦境界層であるエクマン層内で積分した全流量の向きは、北半球では海面の風応力の方向に対して垂直左向きとなる。
3. 太平洋赤道域では東風が卓越し、海面付近の海水の流れは発散場となるため、エクマン層の下では湧昇流が卓越する。
4. 高緯度域での海面水温の上昇によって海面付近の重くなった海水が沈み込み、100 年程度の期間で全世界の海洋の深層を移動する循環のことを熱塩循環という。
5. 現在の海洋では太平洋の塩分濃度が最も高いため、熱塩循環における海水の沈み込みは太平洋の高緯度域でのみ発生している。

【No.　46】　ロスビー波に関する次の記述の㋐～㋓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。

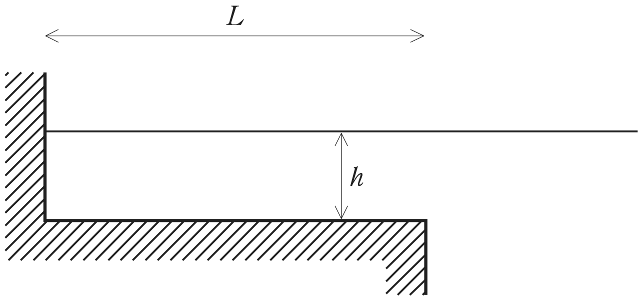
「南半球でのロスビー波の伝播について考える。経度方向の東向きに x 軸、緯度方向の北向きに y 軸をとる(赤道を $y=0$ とし、北半球は $y>0$、南半球は $y<0$ となる。)。地球の自転に起因する惑星渦度(コリオリパラメータ)f は、南極で最小であり($f<0$)、y の増加とともに単調増加し、北極で最大となる($f>0$)。地表面に対する相対渦度 ζ は、反時計回りの場合を $\zeta>0$、時計回りの場合を $\zeta<0$ とする。水平方向に密度・厚さが一様な海洋での 2 次元的な流れを仮定し、絶対渦度(惑星渦度 f と相対渦度 ζ の和)は保存されるものとする。また、簡単のため、一般流はないものとする。

南半球での惑星渦度 f は y 方向の勾配が $\boxed{\text{㋐}}$ である。ここに、相対渦度 $\zeta>0$ の渦がある場合、絶対渦度の南北移流によりその西側では ζ が $\boxed{\text{㋑}}$ し、東側では ζ が $\boxed{\text{㋒}}$ する。その結果、渦は $\boxed{\text{㋓}}$ 向きに伝播する。」

	㋐	㋑	㋒	㋓
1.	正	増加	減少	西
2.	正	増加	減少	東
3.	正	減少	増加	東
4.	負	増加	減少	東
5.	負	減少	増加	西

【No.　**47**】 図のように単純化した一様な幅をもつ奥行 L、深さ h の港湾における海面水位の自由振動を考える。この自由振動による水位変化は湾奥で最も大きく、湾の外部は十分に深く湾口での水位変化は無視できるほど小さいとする。水位変化の波長は h に比べて十分長く、波の位相速度が重力加速度の大きさ g を用いて $\sqrt{gh}$ で表されるとき、港湾内の海面水位の自由振動の周期として最も妥当なのはどれか。

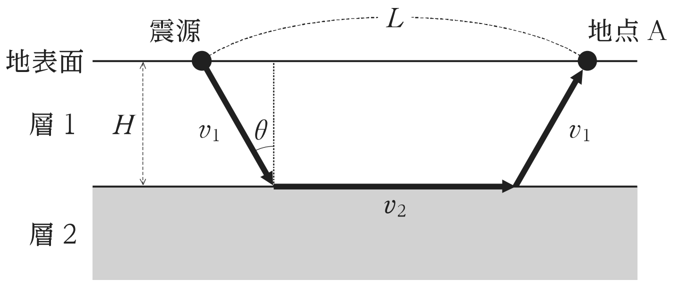
ただし、n は正の整数とする。



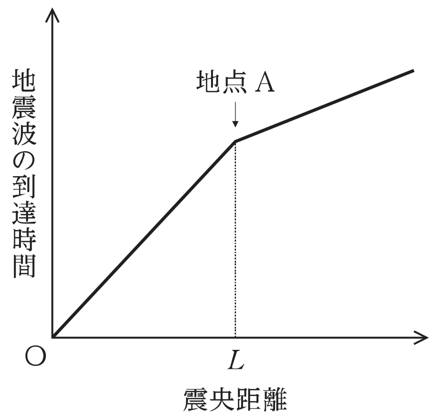
1. $\dfrac{L}{n\sqrt{gh}}$
2. $\dfrac{2L}{n\sqrt{gh}}$
3. $\dfrac{L}{(2n-1)\sqrt{gh}}$
4. $\dfrac{2L}{(2n-1)\sqrt{gh}}$
5. $\dfrac{4L}{(2n-1)\sqrt{gh}}$

【No. **48**】 図Ⅰのように、それぞれ均質な層1及び層2から成る水平2層構造があり、それぞれの層内を伝わる地震波の速さは v_1, $v_2 (v_1 < v_2)$である。図Ⅱのように、地表面で発生した地震波の走時曲線が震央距離 L の地点Aで折れ曲がるとき、層1の厚さ H として最も妥当なのはどれか。

なお、必要ならば、臨界屈折角 θ において、$\sin\theta = \dfrac{v_1}{v_2}$ であることを用いてよい。



図Ⅰ



図Ⅱ

1. $\dfrac{L}{2}\sqrt{\dfrac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}}$

2. $\dfrac{L}{2}\sqrt{\dfrac{v_2 + v_1}{v_2 - v_1}}$

3. $L\sqrt{\dfrac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}}$

4. $L\sqrt{\dfrac{v_2 + v_1}{v_2 - v_1}}$

5. $L\sqrt{v_2 - v_1}$

【No. **49**】 半無限媒質中の温度分布に関する次の記述の㋐、㋑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。

「媒質の表面を $z = 0$ として鉛直下向きに z 軸をとり、時刻 t における媒質中($z > 0$)の温度分布 $T(z, t)$が 1 次元熱伝導方程式

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

に従うとする。ここで、κ は熱拡散率(定数)である。表面の温度が、

$$T(0, t) = T_0 + \Delta T \sin(\omega t)$$

のように時間変化するとき、$T(z, t)$の解は、

$$T(z, t) = T_0 + \Delta T \exp\left(-\sqrt{\frac{\omega}{2\kappa}}z\right)\sin\left(\omega t - \sqrt{\frac{\omega}{2\kappa}}z\right)$$

となる。ここで、T_0 は定数、$\Delta T(> 0)$は表面における温度の振幅、ω は角振動数である。

温度の時間変化の振幅が $\Delta T \exp(-\pi)$となる深さを $z_1(> 0)$とすると、熱拡散率 κ が大きくなるほど z_1 は $\boxed{\quad ㋐ \quad}$ なる。また、z_1 での温度は、表面での温度が最大となる時刻において $\boxed{\quad ㋑ \quad}$ となる。」

	㋐	㋑
1.	大きく	最大
2.	大きく	最小
3.	大きく	T_0
4.	小さく	最小
5.	小さく	T_0

【No.　**50**】　ある地震を本震とする余震の単位時間当たりの発生数Nが、本震発生からの経過時間$t(>0)$を用いて次のように表されるとする。

$$N(t)=Kt^{-1}$$

ここで、Kは正の定数である。

また、マグニチュードがMから$M+dM$までの余震の発生数を$n(M)dM$とするとき、$n(M)$とMの関係が次のように表されるとする。

$$\log_{10}n(M)=a-M$$

ここで、aは定数である。

本震発生の 1 日後からの 1 日間のマグニチュード 2 以上の余震の発生数が 1000 回であったとき、本震発生の 1 年後からの 1 年間に発生するマグニチュード 4 以上の余震の発生数として最も妥当なのはどれか。

1.　3 回
2.　10 回
3.　30 回
4.　100 回
5.　300 回

G1－2023　物理　専門（多肢選択式）

正答番号表

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