

<注意事項>

- ・ 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
- ・ 試験時間は120分です。
- ・ 試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせなさい。
- ・ 問題及びページ番号は次のとおりです。計3問を選択して解答しなさい。3問は同一の分野から選択しても、別々の分野から選択しても構いません。

物理学1 p.1	物理学2 p.2	物理学3 p.3
化学1 p.4	化学2 p.5	化学3 p.6
地球科学1 p.7	地球科学2 pp.8-9	地球科学3 p.10
生物学1 p.11	生物学2 pp.12-13	生物学3 p.14
- ・ 解答用紙には罫線のもの、白紙のもの、マス目のもの3種類がありますが、どれを使用しても構いません。
- ・ 解答用紙がさらに必要な場合には、挙手をして監督者に知らせなさい。
- ・ 試験開始の合図後に、解答用紙の指定の欄に受験番号、氏名及び選択した問題を記入しなさい。解答用紙は1問ごとに別に作成しなさい。
- ・ 1問につき解答用紙が複数枚にわたる場合には、すべての解答用紙に受験番号、氏名及び選択した問題を記入し、さらに、解答用紙右下の所定の欄に、ページ数を記入しなさい（2枚の場合には、1/2、2/2、3枚の場合には1/3、2/3、3/3）。
- ・ 試験中は机の上の見やすい場所に受験票をおきなさい。
- ・ 試験中に机の上におけるのは、受験票の他、黒鉛筆、シャープペンシル、消しゴム、鉛筆削り（手動式のもの）、時計（計時機能だけのもの）です。
- ・ 耳栓は使用できません。
- ・ ハンカチ、ティッシュペーパー、目薬等の使用を希望する者は、監督者に申し出て許可を受けてから使用しなさい。
- ・ 試験時間中は、監督者の指示に従って下さい。従わない場合は退室させることがあります。
- ・ 不正行為と認められた場合は、受験自体を無効とします。
- ・ 試験室に入室してから試験終了までは、試験中の発病又はトイレ等やむを得ない場合を除いて原則として一時退室を認めません。やむを得ない場合には、手を挙げて監督者の指示に従いなさい。一時退室が認められた場合でも、原則として試験時間の延長は認めません。
- ・ 試験終了時間前に解答を終了した場合には退室を認めます。その場合には、手を挙げて監督者の指示に従いなさい。ただし、試験終了15分前以降試験終了までの間は、退室を認めません。
- ・ 試験終了5分前になったら、終了5分前の合図をします。
- ・ 試験終了後、問題冊子、解答用紙を持ち帰ってはいけません。

<物理学 1 >

問題：温度 T_0 [K]の等温大気を考える。静力学平衡が成り立っているとして、以下の問い(1)～(4)に答えよ。

- (1) 地表面における大気密度を ρ_0 [kg/m³]、重力加速度を g [m/s²]、空気の気体定数を R [J/(kg·K)]とする。理想気体の状態方程式 $p = \rho RT$ (p は気圧、 ρ は大気密度、 T は温度)が成り立つとすると、高度 z [m]における大気密度 $\rho(z)$ [kg/m³]を式を使って表せ。ただし、重力加速度は高度方向に一定とし、必要な場合はスケールハイト $H(\equiv RT_0/g)$ [m]を用いてよい。
- (2) 質量 M [kg]の気球にヘリウムガスを詰め、質量 m [kg]の観測装置(砂袋を含む)を吊るして放球した。気球下部には排出口があいており、気球内外の圧力は常に等しい。気球は高度 z_1 で満膨張(体積 V_1 [m³])となり、正味の浮力が0となって上昇も下降もしなくなった。ヘリウムガスの密度は常に大気密度の1/7とする。高度 z_1 を式を使って表せ。
- (3) 日中、気球内のヘリウムガスは日射により加熱され膨張し、排出口から流出する。夜間になるとヘリウムガスの温度は大気温度と同じに戻るが、日中に流出したヘリウムガスの分だけ浮力を失い、気球の高度が低下する。日中に気球内のヘリウムガスの1/6を失ったとすると、夜間に気球の高度を維持するには何kgの砂袋を気球から落とす必要があるか、式を使って表せ。
- (4) (3)の砂袋を落とした後に気球に穴があき、毎秒 ΔV [m³]のヘリウムガスを失うとする。このとき、気球の高度 z [m]を時刻 t [s]の関数として表せ。ただし、気球に穴があいた時刻を $t = 0$ とし、そのときの気球の速度を0[m/s]とする。

<物理学 2>

問題1：図1のように、直角に折り曲げられた無限に広い導体板の2つの面から等距離 r の位置に点電荷 Q を置く。以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) このときに生じる電場はどのように分布するかを、図に電気力線を加えて説明せよ。

(2) 図1において、導体板上の点 a における電場を求めよ。導体は真空中に置かれてあり、真空中の誘電率を ϵ_0 とする。

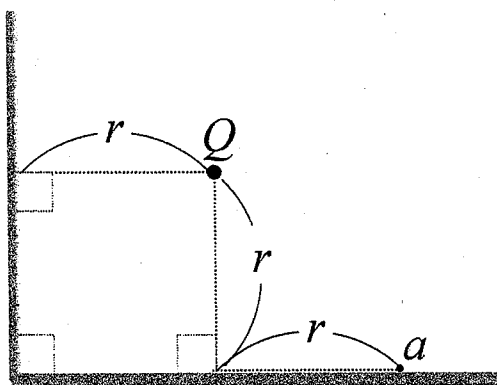


図1

問題2：図2のように、直線電流 I_2 と同一の面内に、横 a 縦 b の矩形コイルを距離 d 離して置き、そこに電流 I_1 を流す。以下の(1)と(2)の問いに答えよ。

(1) このときコイルに働く力を求めよ。なお、真空中の透磁率を μ_0 とする。

(2) (1) の条件下における相互インダクタンスを求めよ。

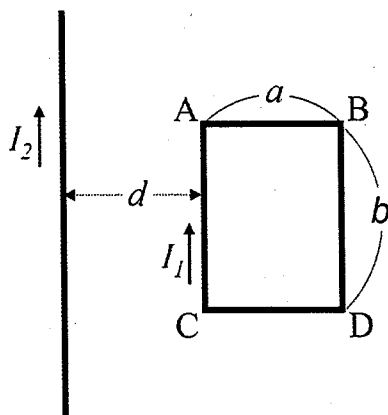


図2

<物理学3>

問題: 光は光子と呼ばれる微粒子の集まりと考えることができる。したがって、光子の集団(これを光子気体と呼ぶ)が密閉されたシリンダーの中に閉じ込められると、その容器の側面に圧力を及ぼす。このとき状態方程式は $P = bT^4/3$ となり、内部エネルギーは $U = bVT^4$ である。ただし、 P は圧力、 T は温度、 V は体積、 b は正の定数とする。以下の問い(1)～(3)に答えよ。

- (1) 容器の体積が ΔV だけ等温膨張するとき、光子が外にする仕事と、光子が外界から吸収する熱量をそれぞれ求めよ。
- (2) 断熱過程での圧力 P と体積 V との関係を求めよ。また、その関係を利用して断熱膨張により (P_1, V_1) から (P_2, V_2) に変化するときの仕事を求めよ。
- (3) (1)、(2)の結果を用いて、光子気体が

$$(P_1, V_1) \xrightarrow[\substack{\text{断熱膨張} \\ (\text{温度: } T_H \rightarrow T_L)}]{\hspace{1.5cm}} (P_2, V_2) \xrightarrow[\substack{\text{等温圧縮} \\ (T_L)}]{\hspace{1.5cm}} (P_3, V_3) \xrightarrow[\substack{\text{断熱圧縮} \\ (T_L \rightarrow T_H)}]{\hspace{1.5cm}} (P_4, V_4) \xrightarrow[\substack{\text{等温膨張} \\ (T_H)}]{\hspace{1.5cm}} (P_1, V_1)$$

と変化するサイクルの効率(η)を、温度 T_H, T_L を用いて表せ。ただし、全ての過程は準静的であるとする。

<化学1>

問題1：化学反応速度の性質を表現する「アレニウスの式」として知られる式がある。以下の問いに答えよ。

- (1) 式を書け。また、式で使用した各記号について説明せよ。
- (2) 式から書き起こすことのできるグラフの形状の概要を説明せよ。
- (3) 活性化エネルギーの意味を述べよ。

問題2：上記のアレニウスの式を変形することにより「アレニウスプロット」が作成される。以下の問いに答えよ。

- (1) 変形式を書け。
- (2) グラフの形状の概要を説明せよ。
- (3) このようなプロットを活用する実用性について述べよ。

<化学2>

問題1：次の用語を、それぞれ100字以内で簡潔に説明しなさい。

- ・精度
- ・確度
- ・アルカリ金属
- ・酸化反応

問題2：ダイヤモンドと石墨（グラファイト）は炭素鉱物である。ダイヤモンドが石墨に比べ硬度が高い理由を、それぞれの結晶構造と原子間の結合様式から200字程度で説明しなさい。

<化学3>

問題1：次の用語を、それぞれ100字以内で簡潔に説明しなさい。

- ・アルカリ土類金属
- ・親鉄元素
- ・希ガス
- ・還元反応

問題2：図1は、物質Aと物質Bの二成分系の相図を示している。問い(1)～(3)に答えよ。

- (1) 物質Aの融点は何度か。
- (2) 物質Bのモル分率0.2の液相をゆっくり冷却した場合、固化しはじめる温度は何度か。
- (3) 物質Bのモル分率0.4の液相をゆっくり冷却し、1600℃で保持した。共存する固相と液相の組成を物質Bのモル分率で求めよ。

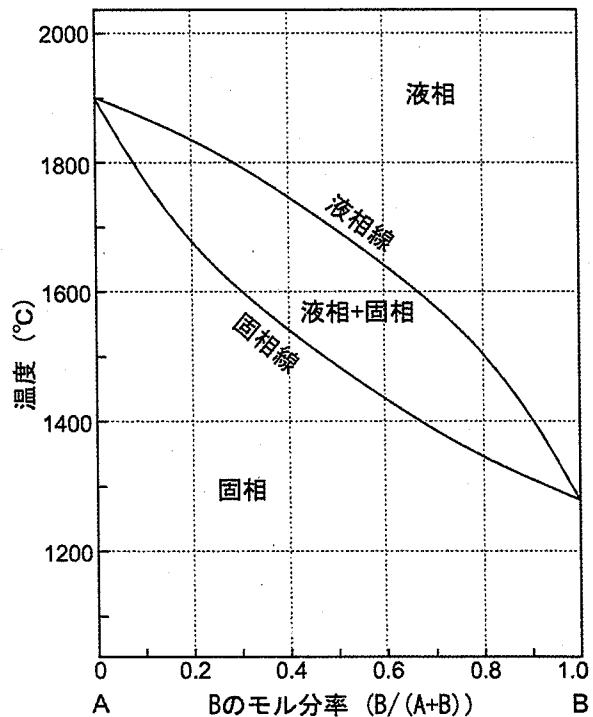


図1 物質Aと物質Bの相図

< 地球科学 1 >

問題：以下に挙げた語句の中から 4 つを選択し、それぞれについて 150 字程度で簡潔に地球科学的説明を与えよ。

- ・火山爆発指数
- ・自然残留磁気
- ・棚氷の底面融解
- ・ポリニヤ
- ・エコンドライト
- ・地質温度圧力計
- ・全球統合測地観測システム
- ・スロースリップ

<地球科学 2>

問題：以下の文章を読み、問い (1) ~ (5) に答えよ。

重力は万有引力と遠心力の合力であり、その向きは鉛直下向き、その大きさは重力加速度の大小で表現される。重力の単位は慣習的に [Gal] ($= [\text{cm} \cdot \text{s}^{-2}]$) を用いる。

自由落下方式の絶対重力計（真空中を落下する物体の位置の変化をレーザで高精度に測定して重力加速度を求める測器）を用いて南極昭和基地などで重力測定を実施した。2400 回の自由落下から統計処理をして 1 つの重力測定値を推定した。その結果を表 1 に示す。これらの測定値は、潮汐や地球回転変動による重力変化を補正している。また測定は全て同じ重力計を用いた。

表 1：重力測定値

データ番号	重力測定値 [Gal]
1	982.5243160
2	982.5243120
3	983.5243140
4	982.5243190
5	979.7708600
6	982.5243220
7	982.5243140
8	982.5243150

- (1) 地球の全質量が地球中心にあるとして、地表面にある 1[g] の物体に働く万有引力を以下の概数を用いて計算し、整数で答えよ。

万有引力定数 $6.7 \times 10^{-8} [\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{s}^{-2}]$ ，地球の半径 $6.4 \times 10^8 [\text{cm}]$ ，

地球の質量 $6.0 \times 10^{27} [\text{g}]$

(次ページに続く)

- (2) 赤道上の地表面にある $1[\text{g}]$ の物体に働く遠心力を以下の概数を用いて計算し、整数で答えよ。

地球の自転角速度 $7.3 \times 10^{-5} [\text{s}^{-1}]$, 地球の半径 $6.4 \times 10^8 [\text{cm}]$

- (3) (1)と(2)で計算した万有引力と遠心力の値では、表 1 に示した重力測定値の大部分を説明することができない。このことは、使用した物理量の概数が実際の値とわずかに異なることから生じている。どの物理量の影響が大きいか答えよ。

- (4) 表 1 には、重力計を南極に持ち込む直前に立川市で測定した重力測定値が含まれている。立川での重力測定値はどれか、データ番号で答えよ。また、その理由も 150 字以内で簡潔に述べよ。

- (5) (4)で選択したデータを取り除き、表 1 の重力測定値の平均値と中央値を求めよ。ただし、外れ値が存在する場合は、スミルノフ・グラブス検定に基づき取り除いてから求めよ。スミルノフ・グラブス検定では、統計検定量 T がデータ数 n に対する有意点 t の値よりも大きいと、帰無仮説が棄却される（この検定では、1回につき1個の外れ値を検出することになることから、外れ値が存在する限り検定を繰り返す必要がある）。 T は

$$T = |X - \mu| / \sigma$$

で与えることとする。ここで X は測定値、 μ は平均値あるいは中央値、 σ は標準偏差とする。 t の値は表 2 を使用せよ。また $14^{0.5} = 3.7$ 、 $15^{0.5} = 3.9$ とする。

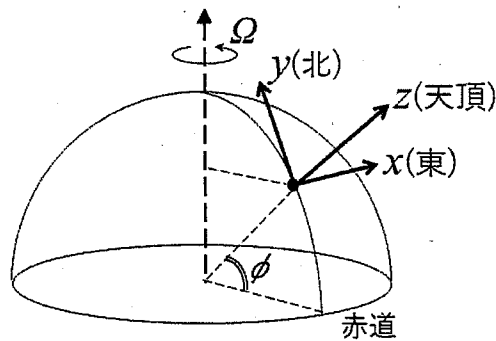
表 2 : スミルノフ・グラブス検定の有意点の値

データ数 n	有意点 t
3	1.2
4	1.5
5	1.7
6	1.8
7	1.9

<地球科学3>

問題1： 全球の海洋に形成される表面海流の平均的な流向に着目すると、大洋の循環流として、高緯度に向かう強い海流が大洋の西側に集中している特徴が挙げられる。このように大洋の西側付近で流れが強化される現象の物理過程を定性的に150字前後で説明せよ。

問題2： 下図のように角速度 Ω で自転している地球とともに回転している (x, y, z) 直交座標系において空気塊の運動方程式を考える。空気塊に水平面上で働く力は、気圧傾度力とコリオリ力であり、鉛直方向に働く力は重力と気圧傾度力である。ここでは地表の摩擦力は無視する。以下の問い(1)～(4)に答えよ。



- (1) 緯度 ϕ の地点の鉛直軸 (図の z 軸) 回りの自転角速度を答えよ。
- (2) 緯度 ϕ の地点における空気塊の運動方程式を書け。
 (x, y, z) 直交座標系における各速度の成分を (u, v, w) 、時間を t 、コリオリ因子を f 、気圧を p 、密度を ρ 、重力加速度を g とする。
 これらの他に必要な量があれば、適宜定義して用いてもよい。
- (3) 空気塊が定常状態で水平方向に直線的に運動している場合に吹いている風を何と呼ぶか答えよ。
- (4) (3) の風が次の地点で吹いているとき、風速と風向を答えよ。

南緯 60 度の地点で、その真北 300 [km] に 998 [hPa] の等圧線が、真南 300 [km] に 1002 [hPa] の等圧線が東西方向に平行に伸びている。

ここで、空気塊の密度 $\rho = 1.2$ [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]、 $\Omega = 7.3 \times 10^{-5}$ [s^{-1}] とする。風速の値は小数点以下 1 桁まで求めること。

<生物学 1>

問題：以下の語句の中から4つを選択し、それぞれについて150字程度で生物学的な説明を与えよ。

- ・C₄植物
- ・栄養塩
- ・レジームシフト
- ・窒素同化
- ・表現型可塑性
- ・フェノロジー
- ・赤の女王仮説
- ・日周鉛直移動

<生物学 2>

問題：以下の文章を読み、問い（1）～（4）に答えよ。

米国の生物学者である Diamond は、ニューギニア島周辺の島々に生息する陸鳥（留鳥）の種数を分析し、島の面積とニューギニア島からの距離が種数を決める主要因であることを示した（図1）。また、Diamond はこの結果に基づき、種数を維持するために効果的な自然保護区のデザインについて論じた。

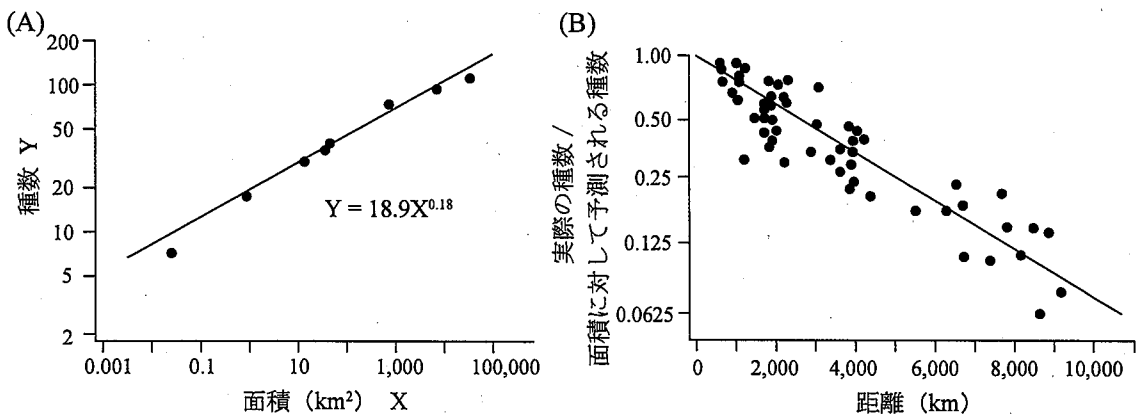


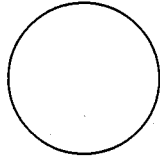
図1 (A)ニューギニア島に近接する島の面積と種数の関係。(B) ニューギニア島からの距離と種数（実際の種数と、島の面積に対して予測される種数との比）の関係。引用元：Diamond JM (1975) *Biological Conservation*

- (1) 図1(A)に見られた関係によれば、島の面積が10倍になると鳥の種数は何倍になると予測されるか、次の中から選べ。
(ア) 1.5倍 (イ) 2倍 (ウ) 3倍
- (2) 図1(A)のような関係が見られた理由を二つ挙げ、それぞれ150字程度で説明せよ。
- (3) 図1(B)のような関係が見られた理由を150字程度で説明せよ。

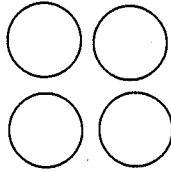
(次ページに続く)

(4) 種の保全のために設置する自然保護区の形状として、最も効率的だと思われるものを下記の(ア)、(イ)、(ウ)から一つ選べ。また、その理由を150字程度で説明せよ。ただし、(ア)、(イ)、(ウ)それぞれの合計面積は等しいとする。

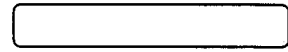
(ア)



(イ)



(ウ)



<生物学 3>

問題1：実験室で飼育しているオオツルハマダラカの一群に対し、飼育開始から2か月後、11か月後、16か月後にそれぞれ4%濃度のDDT（殺虫剤の一種）を散布し、1時間の死亡率を調査した（図1）。オオツルハマダラカの寿命は1か月程度であり、飼育環境下で繁殖している。

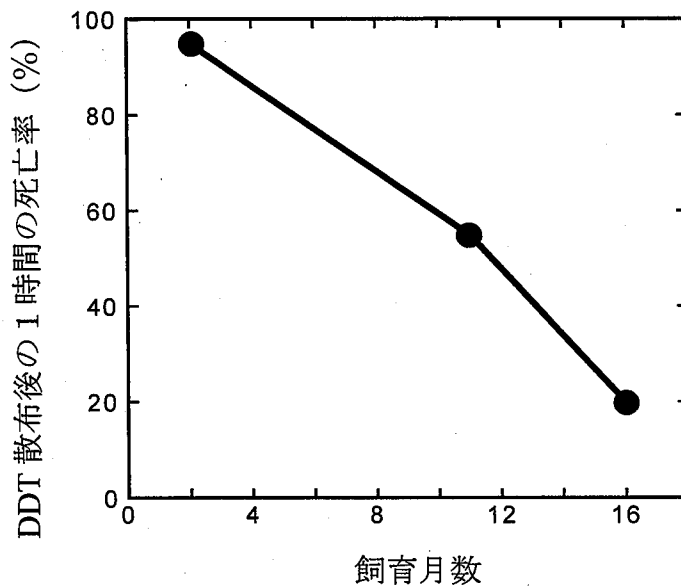


図1 オオツルハマダラカに与える殺虫剤の影響

時間経過とともに死亡率が低下した理由として考えられることを100字程度で述べよ。

問題2：害虫の発生は農産物の生産量の減少や品質の劣化を引き起こすため、害虫防除は農業生産において重要な課題となっている。農薬は害虫駆除に有効な方法の一つであるが、問題点も指摘されている。考えられる問題点について、下記の括弧内の4つの語句を全て用いて200字程度で説明せよ。

（残留、抵抗性、使用量、益虫）

問題3：農薬以外の方法で害虫を防除するのに有効な、生物学に基づく現実的な方法を3つ、合わせて300字以内で記せ。