

平成28年度
茨城大学理学部理学科3年次編入学試験

試 験 問 題

数 学

注 意 事 項

- ① 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- ② 問題は2ページあります。落丁、乱丁または印刷の不鮮明な箇所がある場合は試験監督に申し出ること。
- ③ 解答用紙は1題につき1枚(計2枚)あり、裏面も使用可。
- ④ 解答用紙の所定の欄に志願コース及び受験番号を記入すること。
- ⑤ 数学①と数学②は、それぞれ別の解答用紙に記入すること。
- ⑥ 試験終了後、問題冊子と下書用紙は各自持ち帰ること。

数学 1

k を実数とし、3次の正方行列 A 、3次の列ベクトル x をそれぞれ

$$A = \begin{pmatrix} 3 & 1 & 7 \\ -1 & k & 4 \\ 1 & 0 & -3 \end{pmatrix}, \quad x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \end{pmatrix}$$

とし、 \mathbf{R}^3 から \mathbf{R}^3 への写像 f を

$$f(x) = Ax$$

により定める。以下の各問に答えよ。

問1. $k=1$ のとき、 A の固有値、固有ベクトルをすべて求めよ。

問2. $k=1$ のとき、 f は全単射となることを示せ。

問3. f が全単射とならないための k についての条件を求めよ。また、 f がこの条件を満たすとき、 f の核 $\ker(f) = \{x \in \mathbf{R}^3; f(x) = 0\}$ と f の像 $\text{Im}(f) = \{f(x); x \in \mathbf{R}^3\}$ の基底を一組求めよ。

数学 2

問1. xy 平面内の領域 D を $D = \{(x, y) \mid x + y > 0\}$ とする. D から \mathbb{R} への2変数関数

$$f(x, y) = \frac{x - y}{(x + y)^3}$$

について次の問いに答えよ.

- (1) 偏導関数 $f_x(x, y)$ および $f_y(x, y)$ を求めよ.
- (2) $\lim_{(x, y) \rightarrow (0, 0)} (f_x(x, y) + f_y(x, y))$ が存在するかどうか確かめよ.

問2. xy 平面内の領域 $E = \{(x, y) \mid 0 \leq x \leq y, 1 \leq y \leq 2\}$ 上の2重積分

$$\iint_E \frac{x - y}{(x + y)^3} dx dy,$$

を計算せよ.

平成28年度
茨城大学理学部理学科3年次編入学試験

試 験 問 題

物 理 学

注 意 事 項

- ① 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- ② 問題は3ページあります。落丁、乱丁または印刷の不鮮明な箇所がある場合は試験監督に申し出ること。
- ③ 解答用紙は1題につき1枚(計2枚)あり、裏面も使用可。
- ④ 解答用紙の所定の欄に志願コース及び受験番号を記入すること。
- ⑤ 物理学①と物理学②は、それぞれ別の解答用紙に記入すること。
- ⑥ 試験終了後、問題冊子と下書用紙は各自持ち帰ること。

1 以下の問に答えよ。解答は導出過程も含めて記述せよ。

図1に示されたように、滑らかな水平面上でバネにつながれた質量 m の物体を考える。バネの左端は壁に固定されており、物体は x 軸方向にのみ運動する。時刻 t における物体の平衡の位置からの変位を $x(t)$ で表す。バネ定数を k として以下の問に答えよ。

問1 物体に働く力は、バネの復元力のみであるとする。物体の運動方程式を示せ。

問2 物体が行う単振動の角振動数 ω を k, m を用いて表せ。

問3 初期条件が

$$x(0) = A, \quad v(0) = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=0} = B\omega$$

であるとき、問1の運動方程式の解 $x(t)$ を求めよ。

以後、物体にはその運動とは逆向きの抵抗力

$$-\Gamma \frac{dx}{dt} \quad (\Gamma > 0)$$

が働いているとする。

問4 抵抗力が働いている場合の物体の運動方程式を示せ。

問5 問4の運動で

$$x(t) = \exp(-\gamma t)y(t) \quad \left(\gamma = \frac{\Gamma}{2m} \right)$$

により新しい変数 $y(t)$ を定義する。 $y(t)$ が満たす微分方程式を書け。

問6 $k > m\gamma^2$ の場合を考える。初期条件が

$$x(0) = C, \quad v(0) = \left(\frac{dx}{dt} \right)_{t=0} = -C\gamma$$

であるとき、問4の解 $x(t)$ を求めよ。また、時間 t の関数として $x(t)$ のグラフの概形を図示せよ。

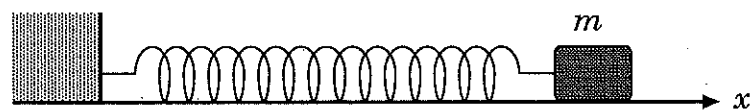


図 1: 滑らかな水平面上に置かれたバネと物体。

2 空間内の点をベクトル $\mathbf{r} = (x, y, z)$ で表し, $r = |\mathbf{r}|$ とする。真空中の静電場に関する以下の問に答えよ。ただし, 真空の誘電率を ϵ_0 とする。解答は導出過程も含めて記述せよ。

問1 原点 O に置かれた電荷 q の点電荷によって作られる静電場を考える。

- (1) 点 \mathbf{r} の静電場 $\mathbf{E}_0(\mathbf{r})$ を書け。
- (2) 点電荷によって生じる静電場の電位 $\phi_0(\mathbf{r})$ を求めよ。ただし, 無限遠点における電位を 0 とする。

問2 原点 O に関して対称な2点 $(0, 0, d/2)$, $(0, 0, -d/2)$ にそれぞれ電荷 $+q$, $-q$ の点電荷を置く。ただし, $d > 0$ とする。

- (1) 空間内の任意の点 \mathbf{r} における電位 $\phi_1(\mathbf{r})$ を求めよ。ただし, 無限遠点における電位を 0 とする。
- (2) 電気双極子モーメント $p = qd$ を一定に保ちながら $d \rightarrow 0$ の極限を考える。このときの静電場の電位 $\phi_D(\mathbf{r})$ を求めよ。

問3 z 軸に平行な一様電場 $\mathbf{E} = (0, 0, E)$ の中に, 原点を中心とする半径 a の導体球を置く。導体球は帯電していないとする。

- (1) 一様電場 $\mathbf{E} = (0, 0, E)$ の電位を $\phi_B(\mathbf{r})$ で表す。ただし, $z = 0$ に対して $\phi_B = 0$ とする。 $\phi_B(\mathbf{r})$ を求めよ。
- (2) 導体球の外部の静電場は, 一様電場と適当な電気双極子の作る静電場との重ね合わせで表すことができる。導体球の外部の静電場の電位 $\phi(\mathbf{r})$ が

$$\phi(\mathbf{r}) = \phi_B(\mathbf{r}) + \phi_D(\mathbf{r}) \quad (r > a)$$

で与えられると仮定して, 電気双極子モーメント p が満たすべき条件を求めよ。ここで, $\phi_D(\mathbf{r})$ は問2(2)で求めた電位である。

- (3) 導体表面上で z 座標が $z = a \cos \theta$ ($0 \leq \theta \leq \pi$) で表される点における面電荷密度を $\sigma(\theta)$ とする。 $\sigma(\theta)$ を求めよ。

平成28年度
茨城大学理学部理学科3年次編入学試験

試 験 問 題

化 学

注 意 事 項

- ① 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- ② 問題は2ページあります。落丁、乱丁または印刷の不鮮明な箇所がある場合は試験監督に申し出ること。
- ③ 解答用紙は1題につき1枚(計2枚)あり、裏面も使用可。
- ④ 解答用紙の所定の欄に志願コース及び受験番号を記入すること。
- ⑤ 化学①と化学②は、それぞれ別の解答用紙に記入すること。
- ⑥ 試験終了後、問題冊子と下書用紙は各自持ち帰ること。

1 以下の間に答えよ。

問 1 以下の語句の組み合わせについて違いがわかるように説明せよ。

- (1) 共有結合とイオン結合
- (2) ブレンステッド酸とブレンステッド塩基
- (3) 結合性分子軌道と反結合性分子軌道

問 2 ブタンの単結合は自由に回転し、いくつかの立体配座を取る。

- (1) このうち最も安定な配座を Newman 投影式を用いて図示せよ。
- (2) このとき、末端のメチル基同士の位置関係をなんと呼ぶか。
- (3) 環状化合物もいくつかの立体配座を取ることが出来る。メチルシクロヘキサンの最も安定な立体配座を図示せよ。

問 3 メタンを過剰量の塩素と反応させると塩素化が進行する。

- (1) 反応を開始するためには紫外光の照射や加熱が有効である。このとき進行する反応を化学反応式で示せ。
- (2) メタンからクロロメタンが生成する過程を電子の矢印を用いて示せ。

問 4 光学活性な化合物である(-)-乳酸 [(*R*)-2-hydroxypropanoic acid]はせん光性を示し、その比せん光度は-4である。

- (1) (-)-乳酸を立体構造が明らかになるように図示せよ。
- (2) (-)-乳酸とその鏡像異性体である(+)-乳酸が 3:1 の比で混合された試料の比せん光度を計算過程とともに示せ。
- (3) (-)-乳酸と(+)-乳酸が 1:1 の比で混合された試料はせん光性を示さないが、このような混合物を特になんというか。

2

問1 以下の間に答えよ。必要であれば、 $\log 2 = 0.301$ 、 $\log 3 = 0.477$ 、 $\log 5 = 0.699$ の値を用いよ。

- (1) H^+ と X^- から構成されている弱酸HXの0.100 mol/Lの溶液が100.0 mLある。この溶液のpHを求めよ。ただし、HXの酸解離定数は、 1.00×10^{-5} mol/Lとする。
- (2) (1)の溶液に、0.100 mol/LのNaOH水溶液を25.0 mL加えた。平衡時におけるこの混合溶液のpHを求めよ。

問2 以下の間に答えよ。

- (1) 4.0×10^{-2} mol/Lの $FeCl_3$ 溶液から水酸化物($Fe(OH)_3$)が沈殿する最小のpHはいくらか。ただし $Fe(OH)_3$ の溶解度積は、 4.0×10^{-38} (mol/L)⁴とする。
- (2) AgClとAgBrしか含まない混合物の重量は4.000 gであった。この試料を定量的に金属銀に還元すると、重さは2.476 gであった。もとの混合物中のAgClとAgBrの重量を計算せよ。ただし、それぞれの原子量は、Ag = 107.9、Cl = 35.5、Br = 79.9とする。

問3 以下の間に答えよ。

- (1) 基底状態のS原子($Z = 16$)とCr原子($Z = 24$)の電子配置を示せ。なお、表記にあたっては、基底状態のN原子($Z = 7$)の場合の $[He](2s)^2(2p)^3$ の例にならって記せ。
- (2) H-F結合とH-Cl結合では、どちらがより極性か。理由を電気陰性度と関連付けて答えよ。このことに起因するフッ化水素と塩化水素の沸点の違いについても述べよ。
- (3) 下の表1は、いくつかの化合物の298 Kにおける標準生成エンタルピーである。この値を用いて、エチレンの標準燃焼エンタルピーを計算せよ。また、この反応は発熱反応、吸熱反応のいずれであるか答えよ。

表1

物質	$DH_f^\circ / \text{kJ mol}^{-1}$
$C_2H_4(g)$	52.26
$CO_2(g)$	-393.51
$H_2O(l)$	-285.83

注) ()のなかのgおよびlはそれぞれ気体と液体を表す。

平成28年度
茨城大学理学部理学科3年次編入学試験

試 験 問 題

生 物 学

注 意 事 項

- ① 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- ② 問題は3ページあります。落丁、乱丁または印刷の不鮮明な箇所がある場合は試験監督に申し出ること。
- ③ 解答用紙は1題につき1枚(計2枚)あり、裏面も使用可。
- ④ 解答用紙の所定の欄に志願コース及び受験番号を記入すること。
- ⑤ 解答は解答用紙の指定の欄に記入しなさい。字数が指定されている場合には、アルファベット、算用数字を含め、1マスに1字ずつ記入しなさい。
- ⑥ 試験終了後、問題冊子と下書用紙は各自持ち帰ること。

1 次の文章を読み、問1～4に答えよ。

すべての細胞は細胞膜と呼ばれる生体膜によって囲まれている。生体膜は、その重量比で約半分を脂質、残り半分をタンパク質が構成している。脂質の主要成分であるリン脂質は、リン脂質の（ア）性部分で水になじみ、（イ）性部分で別のリン脂質の（イ）性部分と結合する。リン脂質の（ア）性部分を外側、（イ）性部分を内側にしてリン脂質分子が二層に並ぶと、水の中で膜が形成される。これを脂質二重層といい、生体膜は脂質二重層で構成されている。

細胞膜は、細胞内環境と外部環境の壁であるとともに、①細胞内外の分子の取り込みと排出、②外部環境からの刺激の受容、そして細胞の運動と拡張、という大きな3つの機能を持っているが、その多くは膜タンパク質の機能であるといっても過言ではない。

問1 真核細胞には生体膜によって構成される細胞小器官が多数存在するが、このうち二層の生体膜からなる細胞小器官を二つ答えよ。

問2 空欄の（ア）と（イ）に適切な語句を入れよ。

問3 下線部①について、以下の文章を読み、(1)、(2)に答えよ。

細胞膜は、その構造的特徴から小さな非極性分子は容易に通過するが、水溶性の物質や高分子などは本来通過できない。そのため、物質の輸送体として働く膜輸送タンパク質が存在し、輸送体タンパク質（キャリアタンパク質）で構成されるポンプや、チャンネルタンパク質で構成されるチャンネルなどを細胞膜に形成することで物質の取り込みや排出を行っている。

(1) 水分子を特異的に通過させることのできる膜輸送タンパク質の名称を答えよ。

(2) イオンチャンネルの一つであるナトリウムチャンネルと、輸送ポンプの一つであるナトリウムポンプはいずれもナトリウムイオンの細胞内外への移動に関与している。ナトリウムチャンネルとナトリウムポンプのそれぞれの働きについて、ナトリウムイオンの細胞内外の濃度の違いを示したうえで、以下の語句をすべて用いて175字以内で説明せよ。ただし、語句は複数回用いてもよい。

<能動輸送、受動輸送、ATP エネルギー、カリウムイオン>

問4 下線部②について、以下の文章を読み、(1)～(2)に答えよ。

細胞は外部環境からのシグナルを受容し、それに応答することで、内部環境の維持や生物個体として統一のとれた反応をすることが可能となる。多くの細胞が綿密に制御され、まとまりある機能的組織体としての生物を作り上げるために、シグナル伝達は非常に重要な役割を持っているといえる。

細胞間のシグナルのやり取りは、その伝達様式の違いにより5つに分類することができる。細胞同士が直接結合することでシグナル伝達が行われる「細胞接触型」、細胞間にシナプスを形成してシグナル伝達を行う「(ウ)型」、②特定の細胞で産生されたシグナル物質(ホルモン)が血液循環により身体の異なる部位に存在する標的細胞に作用してシグナル伝達を行う「(エ)型」、細胞で産生されたシグナル物質が局所的に作用して近傍の細胞にシグナル伝達を行う「(オ)型」、そして、自身が産生したシグナル物質によって応答する「(カ)型」である。

(1) 空欄の(ウ)～(カ)に適切な語句を入れよ。

(2) 下線部③について、昆虫で産生されるエクジステロイドというホルモンの働きを以下の語句を用いて125字以内で説明せよ。ただし、語句は複数回用いてもよい。

<標的細胞、細胞膜、細胞質基質、受容体、核、DNA、転写、変態、脱皮>

2

次の問1～2に答えよ。

問1 ある一年生種子植物では、ある遺伝子座に2つの対立遺伝子 A と a があり、遺伝子型 AA と Aa の個体は赤い花を、aa の個体は黄色い花をつける。この植物 8500 個体からなる集団 B から 200 個体をとってその遺伝子型を調べると、遺伝子型 AA をもつものが 80 個体、Aa は 80 個体、aa は 40 個体であった。

次に、面積が異なる多数の島がある海域で、この一年生種子植物の花の色を調査した。かつてこれらの島は一続きの陸地で、この植物はその全域に生育していたが、沈降により短期間に多くの島に分断されたことがわかっている。調査の結果、面積が大きな島では赤い花・黄色い花の両方の個体が見られたが、面積が小さな島ではどちらか一方しか見られなかった。

- (1) 集団 B の遺伝子プールに含まれる対立遺伝子 A の頻度を p 、対立遺伝子 a の頻度を q とするとき、(ア) p と (イ) q を求めよ。割り切れない場合は、小数点第 3 位を四捨五入して答えよ。
- (2) もし集団 B でハーディー・ワインベルグの法則が成り立っていたと仮定すると、遺伝子型が (ウ) AA、(エ) Aa、(オ) aa である個体の数はそれぞれいくらになるか。割り切れない場合は、小数点第 1 位を四捨五入して答えよ。
- (3) なぜ面積が小さな島ではどちらか一方の色の花しかみられなくなったのか、以下の語句を用いて 150 字以内で説明せよ。ただし、全ての島においてこの植物の適応度は、赤い花の個体と黄色い花の個体の間で差がなかったとする。
<集団のサイズ、遺伝的浮動、表現型>

問2 種子植物の花に関する以下の問に答えよ。

- (1) 目立つ花弁を持つ花は、昆虫を誘引して花粉を他の同種個体の花に運ばせ、受粉を行わせるために進化したと考えられる。昆虫に花粉を運ばせる方法は、風に運ばせる方法と比べ、植物が繁殖に使うエネルギー（コスト）の面でどのような (ア) 利点と (イ) 欠点があるか。それぞれ 75 字以内で述べよ。
- (2) 花を咲かせる植物には、自身の花粉と胚珠の交配で種子を作る「自殖」を行う種がある。異なる個体間での交配（他殖）と比べ、自殖には個体の適応度を高める上でどのような (ウ) 利点と (エ) 欠点があるか。それぞれ 75 字以内で述べよ。

平成28年度
茨城大学理学部理学科3年次編入学試験

試 験 問 題

地球科学

注 意 事 項

- ① 試験開始の合図があるまで、この問題冊子を開いてはいけません。
- ② 問題は2ページあります。落丁、乱丁または印刷の不鮮明な箇所がある場合は試験監督に申し出ること。
- ③ 解答用紙は1題につき1枚（計2枚）あります。
- ④ 解答用紙の所定の欄に志願コース及び受験番号を記入すること。
- ⑤ 解答は解答用紙の指定の欄に記入しなさい。字数が指定されている場合には、アルファベット、算用数字を含め、1マスに1字ずつ記入しなさい。
- ⑥ 試験終了後、問題冊子と下書用紙は各自持ち帰ること。

1 アイソスタシーに関する次の文章を読み、以下の問に答えなさい。

南極大陸は厚さ数 km の氷床で覆われており、氷床の下に存在する南極大陸の地面の高さは、海面の高さとほぼ同じである。これは、アイソスタシーを保つように、氷床の荷重の分だけ南極の大陸地殻が沈降したためであると考えられる。

問1 氷床を乗せた南極の大陸地殻と、その周辺の海洋地殻は、ともに直下のマントルに支えられて、アイソスタシーの状態にあると仮定する。南極の大陸地殻の上面の標高（平均海面からの高さ）を 0.0 km とし、以下の数値を用いて、南極の大陸地殻の厚さを計算しなさい。答えの単位は km とし、小数点以下一位まで答えなさい。

- ・氷床の密度：0.9 g/cm³
- ・海水の密度：1.0 g/cm³
- ・海洋地殻の密度：3.0 g/cm³
- ・大陸地殻の密度：2.8 g/cm³
- ・マントルの密度：3.3 g/cm³
- ・氷床の厚さ：2.5 km
- ・海水の厚さ：5.0 km
- ・海洋地殻の厚さ：6.0 km

問2 問1と同じ条件下で、かりに氷床がすべて失われたとするなら、アイソスタシーの状態を回復するために、大陸地殻は何 km 隆起するか。小数点以下一位まで答えなさい。

問3 アイソスタシーとは、重力と浮力の上下方向のつり合いを説明する概念であり、重力と浮力以外の力が存在する地域では成り立たない。そのような例の一つとして、海溝が挙げられる。海溝でアイソスタシーが成立しない理由を、プレートテクトニクスの観点から 100 字以内で述べなさい。

2 地球の大気組成に関する次の文章を読み、以下の問に答えなさい。

現在の地球大気の主成分は水蒸気を除くと窒素と酸素である。しかし、地球の形成初期には、現在の金星や火星の大気と同様に、二酸化炭素や窒素などであったと考えられている。

地球の形成後数億年経つと、地球表層は冷却し、水蒸気は凝縮して海ができた。さらにその後、この海の中に藻類などの生物が発生した。これは現在から約35億年前の出来事であった。そして、この海の形成や生物の発生の結果として、窒素と酸素を主成分とする現在の地球大気が形成された、と考えられている。

このように地球環境は、地質時代における地殻表層の地学現象と生命活動との相互作用によって形作られたものと理解されている。こうした地球の歴史は、地質時代に形成された地層に記録されている。

問1 世界各地の25～20億年前の地層には、マウンド状に積み上がった縞状の堆積構造をもったストロマトライトが大量に含まれており、これはシアノバクテリアの藻類マットの成長に伴って形成されたものと考えられている。ストロマトライトの形成は、地球の浅海域でシアノバクテリアが繁栄したことを示している。そして、このシアノバクテリアのある作用によって地球の大気組成が大きく変わっていった。どのような作用が生じるようになったのかを、作用の名称、材料となる物質と生成される物質、作用に必要なエネルギー源を記して説明し、それがどのように大気組成を変えたのかを、200字以内で述べなさい。

問2 25～20億年前のストロマトライトを含む地層は縞状鉄鉱層を伴うことが多い。そして、世界の大規模な鉄鉱床の多くが縞状鉄鉱層に由来するものである。なぜこのような鉄鉱床が形成されたのかを、海中に溶けていた鉄イオンの化学反応を考慮して100字以内で説明しなさい。

問3 古生代以降(約5億年前～)、サンゴの石灰質骨格を主体とする石灰岩(炭酸カルシウム(CaCO₃)を主成分とする岩石)は世界各地の地層に多く見られる。石灰岩の形成が地球の大気組成や平均気温の変化に果たした役割を、地球形成初期の大気を考慮して200字以内で述べなさい。