

平成30年度第1次募集（平成29年10月入学含む）
新潟大学大学院自然科学研究科博士前期課程入学者選抜試験問題
一般入試

環境科学専攻
自然システム科学
E1

専門科目（基礎自然科学）

注意事項

- 1 この問題冊子は、試験開始の合図があるまで開いてはならない。
- 2 問題冊子は、表紙をのぞき全部で12ページある。
- 3 物理学（[1], [2]）、化学（[3], [4]）、生物学（[5], [6]）、地学（[7], [8]）の[1]～[8]から3問を選択し、解答すること。
- 4 解答は、解答用紙の「問題番号」記入欄に解答する問題番号を記入してから、その頁に記入すること。ただし、解答欄が足りない場合は、裏面を使用すること。
- 5 受験番号は、各解答用紙の指定された箇所に必ず記入すること。
- 6 解答時間は、120分である。
- 7 下書きは、問題冊子の余白を使用すること。

[1] 鉛直上向きを y 軸の正にとり, $y = 0$ から質量 m の小球を時刻 $t = 0$ に初速度 v_0 で鉛直上向きに投げ上げた。重力加速度を g として以下の問 1 ~ 問 3 に答えよ。

問 1 空気の抵抗が無視できる場合の, 時刻 t での小球の速度と位置を求めよ。また, 小球の最高到達位置を求めよ。

問 2 比例定数 k の速さに比例する空気抵抗が働く場合の, 時刻 t での小球の速度と位置を求めよ。また, 小球の最高到達位置を求めよ。

問 3 問 1 および問 2 で求めたそれぞれの速度を時刻の関数として, それぞれ図示せよ。

[2] 以下の問 1, 問 2 に, 真空の誘電率を ϵ_0 として答えよ。

問 1 [①] ~ [⑩] に適当な数式もしくは語句を入れよ。

真空の 3 次元空間の原点に電荷 q の点電荷がある。この時の任意の位置

(x, y, z) での電場は電荷 1 のテスト電荷に働く力であるから, $\mathbf{E}(x, y, z) =$ [①]

と表すことができる。ただし, x, y, z 方向それぞれの単位ベクトルを $\mathbf{e}_x, \mathbf{e}_y,$

\mathbf{e}_z とする。次に, 原点を囲む半径 R の球面上での電場 [①] の面積分

$\oint_S \mathbf{E}(x, y, z) \cdot d\mathbf{S}$ を, S は球表面を示し, この面積分の被積分関数が電場と微小面

ベクトルとの内積であることに注意して計算してみよう。この面積分の対象領域

である球面 S の単位法線ベクトルは [②] であることから, このベクトルの方向

は [①] の電場の方向と [③] である。よって, 電場と微小面ベクトルとの内積

は [④] となる。 [④] は球表面上では [⑤] に依存しないから, 面積分は簡単

に計算ができ, $\oint_S \mathbf{E}(x, y, z) \cdot d\mathbf{S} =$ [⑥] となる。ここで, $\epsilon_0 \mathbf{E} = \mathbf{D}$ を電束密度と

定義し導入すると, [⑥] は, 球面を貫く [⑦] が球面内の [⑧] に等しいとい

うことを意味する。この結果は, 面積分の対象領域を任意の閉曲面に, また, 閉

曲面内の電荷が複数の点電荷, さらには連続的に分布した電荷の場合に対して一

般化できる。すなわち, ある閉曲面を貫く [⑦] は, その閉曲面内部の [⑨] だ

けできまり, [⑨] に等しくなる。これを電場に関する積分形の [⑩] の法則と

いう。

問 2 平面 $z = a, z = -a$ で表される 2 枚の平板が, 真空中にそれぞれ電荷面密

度 $+\sigma, -\sigma$ で一様に帯電しておかれている。この時の任意の位置 (x, y, z) で

の電場を問 1 で得られた法則を使って求めよ。

[3] 以下の問 1, 問 2 に答えよ。

問 1 表は原子番号 1~10 の中性原子の電子配置および電子親和力を示す。このとき以下の (1) ~ (4) に答えよ。

表 中性原子の電子配置と電子親和力

原子番号	元素	K			L		電子親和力 (kJ mol ⁻¹)
		1s	2s	2p	2s	2p	
1	H	1					72
2	He	2					
3	Li	2	1				60
4	Be	2	2				<0
5	B	2	2	1			27
6	C	2	2	2			121
7	N	2	2	3			-6.8
8	O	2	2	4			141
9	F	2	2	5			328
10	Ne	2	2	6			

- (1) Fの電子親和力が最大の値を示す理由を中性原子の電子配置に基づいて説明せよ。
- (2) Be の電子親和力が Liのそれより小さい理由, またN の電子親和力がCのそれより小さい理由を中性原子の電子配置に基づいて説明せよ。
- (3) F₂ 分子の分子軌道のエネルギー準位図を図の He₂分子の例にならって描け。

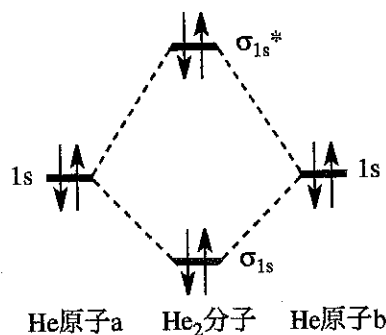


図 He₂分子の分子軌道エネルギー準位図

- (4) HF 分子の分子軌道のエネルギー準位図を図の He₂分子の例にならって描け。

問2 水素原子の発光スペクトルの波長 λ は以下の式で表される。以下の (1),

(2) に答えよ。

$$\frac{1}{\lambda} = R_H \left(\frac{1}{n_1^2} - \frac{1}{n_2^2} \right) \quad \text{①}$$

R_H : リュードベリ定数, n_1, n_2 : 正の整数

(1) 式 ① から, 水素原子について発光または吸収される光のエネルギー E を計算する式を求めよ。ただし, プランク定数を h , 光の速度を c とする。

(2) 水素原子の第1イオン化エネルギーを計算する式を求めよ。

[4] 以下の問1, 問2に答えよ。

問1 作業物質としての理想気体 1 mol に対し, 温度 T_1 の高熱源から熱を与えてその一部を仕事として用い, さらに残りの熱を低熱源 T_2 に放出しながら循環して仕事を行う熱機関がある。以下の (1) ~ (4) に答えよ。ただし気体定数は R , 定積熱容量は C_V とし, T_2 から T_1 の温度範囲において C_V は一定であるとする。

- (1) 理想気体の圧力, 体積, 温度がそれぞれ P_1, V_1, T_1 の状態 A (P_1, V_1, T_1) からこの熱機関が始まり, 定温可逆膨張により状態 B (P_2, V_2, T_1) まで変化した。この状態変化にともなって理想気体が得た熱 (q_{AB}), 外部からなされた仕事 (w_{AB}), 内部エネルギーの変化 (ΔU_{AB}) をそれぞれ求めよ。
- (2) (1) に引き続き, 状態 B から断熱可逆膨張により状態 C (P_3, V_3, T_2) まで変化した。このとき, 理想気体が得た熱 (q_{BC}), 外部からなされた仕事 (w_{BC}), 内部エネルギーの変化 (ΔU_{BC}) をそれぞれ求めよ。
- (3) (2) に引き続き, 状態 C から定温可逆圧縮により状態 D (P_4, V_4, T_2) まで変化した。このとき, 理想気体が得た熱 (q_{CD}), 外部からなされた仕事 (w_{CD}), 内部エネルギーの変化 (ΔU_{CD}) をそれぞれ求めよ。
- (4) 熱機関が状態 D から断熱可逆圧縮により状態 A に戻り循環する場合, この熱機関の効率を式の導出過程とともに示せ。

問2 CaF_2 は水に難溶であり, 水中では CaF_2 と Ca^{2+} , F^- との間に溶解平衡が成立する。この CaF_2 の水中または NaNO_3 水溶液中での溶解平衡に関する次の

(1) ~ (4) に答えよ。ただし CaF_2 の純水中での溶解度積 ($K_{\text{SP, CaF}_2}$) は $4.0 \times 10^{-11} \text{ mol}^3 \text{ dm}^{-9}$ とする。

- (1) 純水中での CaF_2 の溶解度は小さいため, Ca^{2+} と F^- の活量係数はそれぞれ 1 と近似できる。 CaF_2 の水に対する溶解度を mol dm^{-3} の単位で計算せよ。
- (2) $0.050 \text{ mol dm}^{-3}$ NaNO_3 水溶液のイオン強度を求めよ。

(3) CaF_2 のような難溶性塩の飽和水溶液に対し、その難溶性塩を構成するイオン (Ca^{2+} , F^-) とは異なるイオンから構成される塩 (例えば NaNO_3) を添加してイオン強度を増加させると、難溶性塩の溶解度も増加した。このような現象は一般的に何と呼ばれるかを答えよ。

(4) $0.050 \text{ mol dm}^{-3} \text{ NaNO}_3$ 水溶液中における Ca^{2+} と F^- の活量係数値はそれぞれ 0.49 と 0.81 である。この溶液中における CaF_2 の溶解度 (mol dm^{-3}) を求めよ。

[5] 生物の構造に関する以下の問 1, 問 2 に答えよ。

問 1 動物の細胞の構造と機能に関する以下の (1) ~ (3) に答えよ。

(1) 細胞骨格について, 3つの繊維の名称を挙げ, それぞれの構造と機能を説明せよ。

(2) 細胞外マトリックスのうち, コラーゲンの構造と機能について説明せよ。

(3) 細胞膜の構造を図示するとともに, 流動モザイクモデルについて説明せよ。

問 2 植物体の構造と機能に関する以下の文章を読み, (1) ~ (4) に答えよ。

植物の維管束は, 水や同化物質を通す組織である。維管束には, 水を通すための木部と同化物質を通すための師部があり, 実際に水が通る要素(細胞部分)を (ア) 導管, 実際に同化物質が流れる要素(細胞部分)を (イ) 師管と呼ぶ。水は根から植物体内に取り込まれる。そのため, (ウ) 根の内皮は, 茎や葉には見られない特殊な構造をしている。 (エ) 維管束によって, 根から, 茎を通り, 葉に到達した水分の多くは, 葉の気孔から大気に蒸散する。 同化物質は, 葉の葉肉細胞で光合成によって生産されて, (オ) 植物体の隅々の細胞へ栄養分として送られている。

(1) 下線部 (ア) と (イ) に関して, それぞれの構造の特徴や違いを述べよ。

(2) 下線部 (ウ) に関して, 根の内皮の構造と役割について説明せよ。

(3) 下線部 (エ) に関して, 水が維管束を流れる機構に関与する要因について説明せよ。

(4) 下線部 (オ) に関して, 同化物質が維管束を流れる機構について説明せよ。

[6] 生物の生殖と遺伝に関する以下の問 1, 問 2 に答えよ。

問 1 図は, 有性生殖を行う陸上植物 (有胚植物) の生活環を模式的に表したものである。以下の (1) ~ (5) に答えよ。

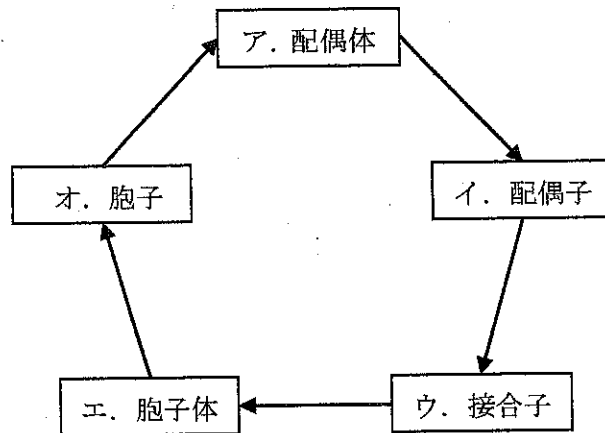


図 陸上植物の生活環

- (1) 有性生殖において, 図のエからオの間で起こる特殊な細胞分裂を何というか答えよ。
- (2) (1) の細胞分裂は, 有性生殖において遺伝的な多様性を生み出す原動力である。その理由を説明せよ。
- (3) 図のア~オのうち, 単相の細胞からなるものをすべて選び, 記号で答えよ。
- (4) 図のアに示す配偶体は, 被子植物では異型配偶体である。被子植物において雄性配偶体と雌性配偶体に相当するものは何か, それぞれ答えよ。
- (5) 図が示す陸上植物の生活環と, 動物の生活環で異なる点を述べよ。

問 2 エンドウの花は通常紫色 (野生型) であるが, 2 種類の白色劣性突然変異系統 (純系) A1 と A2 がある。A1 と A2 を交配して得られた雑種 F_1 はすべて野生型を示したが, F_2 では野生型と白色が 9 : 7 に分離した。以下の (1) ~ (4)

に答えよ。

- (1) A1 と A2 がもつ突然変異遺伝子をそれぞれ $a1$ および $a2$, その野生型対立遺伝子を $A1$ および $A2$ とすると, 白色突然変異系統 A1 と A2 の遺伝子型はどのように表せるか答えよ。
- (2) F_1 の遺伝子型はどのようなになるか答えよ。
- (3) F_2 のような分離比が生じる理由を説明せよ。
- (4) 色素形成における野生型対立遺伝子 $A1$ と $A2$ の役割について説明せよ。

[7] 以下の問1～問3に答えよ。

問1 次の(1)～(3)に答えよ。

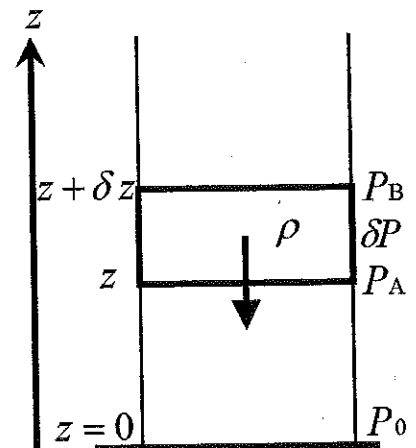
- (1) 乾燥断熱変化と湿潤断熱変化の違いを説明せよ。また湿潤断熱変化の方が気温減率が小さい理由について、空気塊が上昇する場合を例にとって説明せよ。
- (2) 竜巻の中心部は気圧が低い。北半球では低気圧は反時計回りであるが、時計回りの竜巻も存在できる。その理由を説明せよ。
- (3) 海洋大循環(深層循環)が形成される要因を「海水」、「海氷」、「ブライン(濃縮された高塩分水)」、「密度」のキーワードを全て用いて説明せよ。

問2 次の(1), (2)に答えよ。

- (1) 地球大気を1層と仮定し、太陽放射に対してその吸収率を0.2とする。ステファン・ボルツマンの法則が適用される黒体放射を仮定して、放射平衡している場合の熱収支の関係を図示し、地表面及び大気層の熱収支の式を、以下の記号を用いてそれぞれ示せ(I_E : 太陽放射強度, σ : ステファン・ボルツマン係数, T_a : 大気温度, T_g : 地表面温度)。また I_E , T_a , T_g の関係を求めよ。
- (2) 容器に90℃の湯が1kg入っている。そこに0℃の氷1kgを入れて全て氷が融け、容器内の水温が均一になったときの、容器内の水温を求めよ。容器や空気との熱交換は無視できるものとする。なお、水1kgの温度を1度上げるのに必要な熱量は 4.2×10^3 J, 氷から水への融解時の潜熱は 3.34×10^5 J/kg である。有効数字2桁で答えよ。

問3 右図のような密度 ρ の静止している空気塊を考える。鉛直上向き z 軸に直交する下と上の面(A面, B面)にかかる気圧をそれぞれ P_A , P_B とし、鉛直下向きに重力 g が働いているとする。両面の高度差を δz , 気圧差を δP とした時、以下の関係式が導出されることを示せ。

$$\delta P = -\rho g \delta z$$



[8] 低地の地形に関する以下の問1～問3に答えよ。

問1 図は岐阜県養老郡養老町の1/25000地形図「養老」である。以下の設問(1)～(4)に答えよ。

(1) 図中の養老山地東麓の谷口から滝谷や小倉谷に広がる地形は何というか答えよ。

(2) (1)の地形の形成過程を記せ。

(3) 小倉谷に発達する(1)の地形について、①形成される微地形や堆積物の特徴、②土地利用、③想定される自然災害について記せ。

(4) 図中の小倉谷と滝谷に発達する地形の中央を流れる①河川の名称と、②その河川の形成要因を記せ。

問2 低地の地形の説明について、以下の設問(1)、(2)に答えよ。

(1) 潟湖の説明について、(ア)～(エ)の中で適切でないものの記号を1つ選び答えよ。

(ア) 潟湖は地下水でつながっている場合が多く、潮汐は外海と時間差がある。

(イ) 潟湖は背後の流域面積が大きく、土砂量が多いほど潟湖は維持される。

(ウ) 潟湖は砂嘴(さし)や浜堤の発達により内湾が堰き止められて形成される。

(エ) 潟湖は軟弱地盤のため、地震時に建物は不同沈下を起こす場合がある。

(2) 三角州の説明について、(ア)～(エ)の中で適切でないものの記号を1つ選び答えよ。

(ア) 三角州は、湧泉川がみられるところもある。

(イ) 三角州は、特に沿岸流が強い場所で三角州に干潟や滞(みお)が発達する。

(ウ) 三角州は、軟弱地盤のため、地震時に建物は不同沈下を起こす場合がある。