

平成27年度第1次募集（平成26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、表紙を含めて全部で15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。

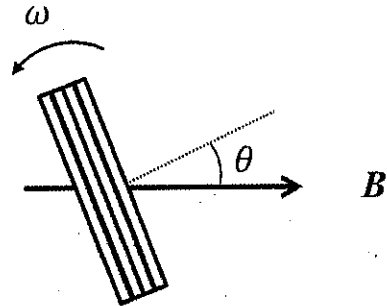
[1] 地球の質量を M [kg], 半径を R [m], 万有引力定数を G [$\text{m}^3\text{s}^{-2}\text{kg}^{-1}$]として,

以下の問1～問5に答えよ。

- 問1 地上から地表すれすれに質量 m [kg]の物体がある速さで飛び出した。この物体は地表すれすれに円軌道を描いてまわった。このときの速さ V_1 [ms^{-1}]を求めよ。ただし、ここでは大気による影響は考慮しないものとする。
- 問2 地球から無限遠の点を基準として、質量 m [kg]の物体の地球表面における位置エネルギーを求めよ。
- 問3 地上から鉛直上向きに質量 m [kg]の物体がある速さで飛び出した。この物体が地球の重力圏から脱出するために必要な最小の速さ V_2 [ms^{-1}]を求めよ。
- 問4 地上から質量 m [kg]の物体がある速さで鉛直上向きに飛び出し、地球の中心から距離が aR [m]離れた地点Pで停止した。このときの速さ V_3 [ms^{-1}]を求めよ。ただし、 $a > 1$ とする。
- 問5 地上での重力加速度を g [ms^{-2}]とする。地球の中心から距離が $10R$ [m]離れた地点の重力加速度を求めよ。

[2] 以下の問1～問3に答えよ。

面積 S 、巻数 N 、抵抗 R の長方形コイルを、磁束密度 B の一様な磁場中で、図のように角速度 ω で回転させた。磁場の向きとコイル面の法線方向がなす角を θ とする。



問1 θ が 0 から π まで変化する間にコイル内を移動する電気量を求めよ。

問2 θ が 0 から π まで変化する間にコイル内を流れる電流の時間平均値を求めよ。

問3 起電力が最大となる角度 θ とその最大値を求めよ。

[3] 以下の問1～問2に答えよ。

問1 質量 m_1 および m_2 の原子から構成される二原子分子の振動を考える。この問題では、 x 軸方向の一次元調和振動を近似モデルとして適用し、調和振動のバネ定数を k 、振動する粒子の換算質量を m_{eff} とする。その場合、復元力および粒子のポテンシャルエネルギーは、それぞれ $F = -kx$ 、および $V(x) = 1/2 kx^2$ と表され、粒子についてのシュレディンガー方程式は以下のように表せる。

$$-\frac{\hbar}{2m_{\text{eff}}}\frac{d^2\psi}{dx^2} + \frac{1}{2}kx^2\psi = E\psi \quad m_{\text{eff}} = \frac{m_1m_2}{m_1+m_2} \quad (\text{換算質量})$$

このとき許されるエネルギー準位は次のようになる。

$$E_n = \left(n + \frac{1}{2}\right)\hbar\omega \quad n = 0, 1, 2, 3, \dots$$

以下の (1) ~ (4) に答えよ。

- (1) 横軸に変位 x 、縦軸にポテンシャル $V(x)$ をそれぞれとって、 $V(x)$ をグラフで示せ。
- (2) (1) で図示したポテンシャルエネルギー図に、この二原子分子に許されるエネルギー準位を、最も低いエネルギー準位 (基底状態) から 4 番目の励起状態までを書き込め。
- (3) 基底状態のエネルギーがゼロとしない理由を説明せよ。
- (4) この二原子分子の振動が赤外線吸収スペクトルで観測される条件を説明せよ。

問2 1気圧 ($1 \text{ atm} = 1.013 \times 10^5 \text{ Pa}$) に保ったまま, $100 \text{ }^\circ\text{C}$ (373 K) で1モルの水を完全に蒸発させたところ, $4.10 \times 10^4 \text{ J}$ の熱量を必要とした。次に, 発生した水蒸気を摩擦のないシリンダーとピストンからなる容器に移し, この容器の温度を 300 K に保ったまま, 可逆的に $3.00 \times 10^3 \text{ J}$ の熱量を加えた。
但し, 水蒸気を理想気体とみなし, 1モルの液体の体積は無視できるものとする。
以下の(1) ~ (4)に答えよ。

- (1) 蒸発に伴うエンタルピー変化を求めよ。
- (2) 蒸発に伴うエントロピー変化を求めよ。
- (3) 温度を 300 K に保った容器に可逆的に $3.00 \times 10^3 \text{ J}$ の熱量を加えたときのエントロピー変化を求めよ。
- (4) (2)で求めたエントロピー変化と(3)で求めたエントロピー変化が大きく異なる理由を説明せよ。

[4] 以下の問1～問2に答えよ。

問1 以下の(1)～(3)に答えよ。

(1) マリケン(Mulliken)の電気陰性度とは何か, 説明せよ。

(2) 以下の(ア)および(イ)のそれぞれについて, 例にならってマリケンの電気陰性度の大きい順に元素を並べ, 不等号で表せ。

例) $N > H > Ca$

(ア) B C F Li

(イ) As N P Sb

(3) 電荷の偏り(δ)をもつHFのイオン結合性を考える。核間距離を d , 電気素量を e (電子の電荷の絶対値)として, 以下の(ア)～(ウ)に答えよ。

ただし $d = 9.2 \times 10^{-11} \text{ m}$, $e = 1.602 \times 10^{-19} \text{ C}$ とする。

(ア) HF分子の結合が完全にイオン結合であると仮定した場合の電気双極子モーメント μ_{calc} を計算せよ。

(イ) HF分子の双極子モーメントの実測値 $\mu_{\text{exp}} = 6.61 \times 10^{-30} \text{ C m}$ である。HFの結合のイオン結合性は何%となるか, 計算せよ。

(ウ) HF, HCl, HBr, HIを沸点の大きい順に並べると, $HF > HI > HBr > HCl$ となる。この順になる理由を述べよ。

問2 酸・塩基の水溶液に関する以下の(1)～(4)に答えよ。ただし、酢酸の酸解離定数を K_a ($pK_a = 4.76$), 水のイオン積を K_w ($K_w = 1.00 \times 10^{-14} \text{ mol}^2 \text{ dm}^{-6}$), 水酸化ナトリウムの分子量を 40.0 g mol^{-1} とする。また、全ての化学種の活量係数は1とする。

(1) $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$ 酢酸水溶液の pH を計算せよ。

(2) 水酸化ナトリウムを 0.240 g 秤り取り, $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$ 酢酸水溶液で溶かして 100.0 cm^3 の溶液を調製した。この溶液の pH を計算せよ。

(3) $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$ 酢酸水溶液に水酸化ナトリウムを加え, 最大の緩衝能を与える緩衝溶液 100.0 cm^3 を調製したい。

(ア) 調製すべき緩衝溶液の pH を答えよ。

(イ) 何 g の水酸化ナトリウムを加えればよいか。途中の計算式も示せ。

(4) (2) で調製した溶液 100.0 cm^3 に, $0.100 \text{ mol dm}^{-3}$ 塩酸水溶液 50.0 cm^3 を加えて 150.0 cm^3 とした。この 150.0 cm^3 の溶液の pH を計算せよ。

[5] 生物の発生に関する以下の問1～問2に答えよ。

問1. 植物の発生に関する以下の(1)～(4)に答えよ。

(1) 顕花植物の花に形成される雌性配偶子の形成過程に関する以下の文章を読み、①～⑬に当てはまる語句や数字を入れよ。

花器官の胚珠の中にできた大孢子母細胞は(①)分裂の結果、(②)個の大孢子を形成する。その後、(③)個の大孢子は(④)し、(⑤)個の大孢子が次に(⑥)分裂を(⑦)回行ない、(⑧)個の核からなる(⑨)を形成する。その中には、(⑩)個の卵と2個の助細胞、(⑪)個の(⑫)細胞と中央に(⑬)個の極核を持つ細胞が存在する。

(2) 種(たね)は成熟とともに乾燥し、休眠する。休眠を打破する要因を3つ挙げよ。

(3) イネ科植物の発芽において、スイッチが入ってから発芽するまでの種子内部で起こる現象過程を説明せよ。

(4) 双子葉植物の胚を図示し、分裂組織の位置と名称を記入せよ。

問2 動物の発生に関する以下の(1)～(3)に答えよ。

- (1) 全ての脊椎動物の胚は類似した過程を経て発生する。以下の文章を読み、①～⑩に当てはまる語句を入れよ。

脊椎動物の胚は、受精後、(①)と呼ばれる細胞分裂を繰り返し、1個の細胞から細胞数を増加させる。これらの細胞を(②)という。その後、増加した細胞が胚の表面から内部へ移動するような形態形成運動である、(③)がおこなわれる。その過程で、内胚葉、中胚葉、外胚葉という3つの胚葉が生じる。外胚葉からは(④)や(⑤)など、中胚葉からは(⑥)や(⑦)など、内胚葉からは(⑧)など、特定の組織・器官が形成される。(③)ののち、中枢神経系の原基として(⑨)が前後軸に沿って脊索の背側に形成される。続いて、胴尾部では(⑨)の両側に体節が形成され、また頭部腹側には(⑩)の繰り返し構造が形成される。これらの時期の胚は脊椎動物の間で類似した外観を示し、その後それぞれの分類群に応じた形態形成がおこなわれる。

- (2) 脊椎動物の胚には、神経冠細胞(神経堤細胞, neural crest cell)と呼ばれる細胞集団が見られる。この細胞はどのように形成され、またどのような細胞へと分化するのか、説明せよ。
- (3) 遺伝子の発現が制御されることによって、未分化な細胞から異なる組織の細胞へと分化することができる。どのようにして遺伝子発現は制御されているのか、次の用語をすべて使い説明せよ。[RNAポリメラーゼ, プロモーター, 転写因子, エンハンサー]

[6] 遺伝形質の発現に関する以下の問1～問2に答えよ。

問1 脊椎動物の体色とその遺伝に関する(1)～(2)に答えよ。

(1) マウスの毛色は、異なる染色体上の遺伝子座 a , b , c によって決定され、各遺伝子座に優性および劣性の対立遺伝子として A と a , B と b , C と c がある。 A -, B -, C - は野生色 (ねずみ色), A -, bb , C - は黄褐色, aa , B -, C - は黒色, aa , bb , C - は茶色, $--$, $--$, cc は白色である。なお、「-」は大文字, 小文字どちらでもよいことを示している。

(ア) 野生型 AA , BB , CC の雄と白色 aa , bb , cc の雌とを交配し F_1 および F_2 を得た。 F_2 世代の毛色とその割合を示せ。

(イ) F_1 雄を aa , bb , cc の雌に戻し交配した場合の毛色とその割合を示せ。

(2) メダカの体色は、常染色体上の遺伝子座 b と性染色体上の遺伝子座 r によって決定され、 b と r に優性および劣性の対立遺伝子として B と b , R と r がある。また、メダカの性決定様式は XX - XY 型で、雄においては、 r と性決定遺伝子座との間で組み換えが生じない。なお、 B -, R - の個体は野生色 (茶色), B -, rr は青色, bb , R - は橙色, bb , rr は白色である。

(ア) 野生色 BB , RR の雄と白色 bb , rr の雌を交配して F_1 を得た。 F_1 雄個体の減数分裂で生じる精子の遺伝子型と割合を示せ。

(イ) F_1 雄と白色雌の交配で生じる戻し交配世代の体色と性、およびその割合を示せ。

問2 遺伝情報の発現に関する以下の(1)～(5)に答えよ。

(1) DNA と RNA の構成成分の違いを説明せよ。

(2) RNA は、機能などによって分類される。mRNA の機能とは何か、説明せよ。

(3) 真核生物においては、成熟した mRNA の 5' 末端には 7-メチルグアノシンが付加されている。この構造は何と呼ばれているか答えよ。また、この構造の翻訳プロセスにおける機能を説明せよ。

(4) 翻訳に関する以下の(ア)～(エ)の記述には全て誤りがある。誤りを訂正して、正しい文にせよ。ただし、文末のみの修正は認めない。

(ア) tRNA はコドンとよばれる 3 塩基配列を分子中にもち、3' 端にコドンに対応したアミノ酸が結合する。

(イ) リボソームの A 部位に存在する tRNA に結合したポリペプチドが、P 部位にあるアミノアシル tRNA のアミノ酸とペプチド結合を形成する形でポリペプチドは伸長していく。

(ウ) リボソーム上でアミノ酸を失った tRNA はリボソームの T 部位を通ってリボソームから離れる。

(エ) リボソームは、大・小 2 つのサブユニットから構成されており、2 つのサブユニットのそれぞれはタンパク質のみで構成されている。

(5) mRNA と、mRNA のもとになった DNA のセンス鎖、アンチセンス鎖の方向性(5' および 3')、および合成されるポリペプチドの方向性(N 末および C 末)を対応づけて図示しなさい。

[7] 以下の問1～問2に答えよ。

問1 大気の力学・熱力学の式に関する(1)～(2)に答えよ。

- (1) 静水圧平衡の式 $\Delta P = -\rho g \Delta z$ を用いて、標高 100 m で気圧が 1010 hPa の時、880 hPa における標高 z [m] を求めよ。空気の密度を $\rho = 1.2 \text{ kgm}^{-3}$ 、重力定数を $g = 10 \text{ ms}^{-2}$ とする。圧力 P の単位は Pa [$\text{Nm}^{-2} = \text{kgm}^{-1}\text{s}^{-2}$] である。
- (2) 理想気体の状態方程式は $PV = nR^*T$ (モル数 n , 気体定数 $R^* = 8.31 \text{ Jmol}^{-1}\text{K}^{-1}$, 体積 V [m^3], 温度 T [K]) と表せる。窒素や酸素で主に構成される地球大気の子量を 29 g mol^{-1} として、その気体定数 R (単位は [$\text{Jkg}^{-1}\text{K}^{-1}$]) を求めよ。また密度 ρ [kgm^{-3}] を用いて、気体の状態方程式は $P = \rho RT$ と表せることを示せ。

問2 地球に大気が存在しない場合の放射平衡温度を計算すると、地球表面の温度はマイナス 18 度である。実際は大気存在による温室効果によって、地球表面の温度は 15 度に保たれている。その温室効果に関する以下の説明と図 1 は誤りである。

「太陽放射のエネルギーを 100 とする。地球放射のエネルギーも 100 であるが、温室効果ガスによって吸収されて宇宙空間への放出は減り (-20)、再放射により一部 (20) は地球表面で向かうため、地表面では熱収支のアンバランス (+20) が生じ地表面の温度は上昇する」

太陽放射量を 100、地表面に向かう再放射量を 20 とし、(1) ~ (2) に答えよ。

(1) 図 2 の①~④に正しい数値を入れよ。ただし、①は地表面の熱収支の値、④は宇宙空間の熱収支の値、②③は放射量の値を入れよ。

(2) 図 2 に基づいて、大気存在による温室効果を正しく説明せよ。

