

平成25年度第2次募集

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

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7ページある。
- 3 物理学（〔1〕）、化学（〔2〕）、生物学（〔3〕）、地学（〔4〕）の〔1〕～〔4〕から2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。

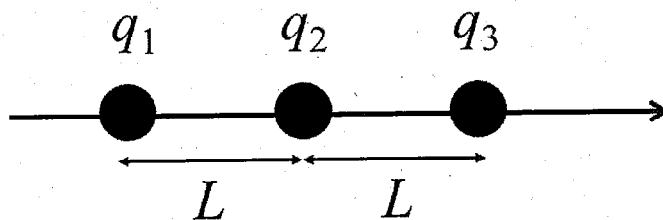
[1] 次の問1～3に答えよ。

問1 傾斜角 θ の滑らかな斜面に置かれた質量 m の物体が、時刻 $t=0$ に滑り始めた。この物体は、速度 v に比例した空気抵抗 myv を受ける。重力加速度は g 、空気抵抗係数は γ とする。

- (1) この物体の運動について、運動方程式を立てよ。
- (2) 時刻 t におけるこの物体の速度を求めよ。
- (3) この物体の終端速度を求めよ。

問2 図のように3個の電荷 q_1, q_2, q_3 が直線上に間隔 L で並んでいる。ここで、図の右方向を正とし、真空の誘電率は ϵ_0 とする。

- (1) 各電荷に働く力を求めよ。
- (2) この間隔で3つの電荷が止まっていられる条件を示せ。



問3 理想気体の状態方程式は以下の式 (a) で表せる。

$$PV = nR^*T \quad (\text{a})$$

ただし、大気圧 P [Pa : $\text{N m}^{-2} = \text{kg m}^{-1} \text{s}^{-2}$], 体積 V [m^3], 物質質量 n [mol],

気体定数 $R^* = 8.31[\text{J mol}^{-1}\text{K}^{-1}]$, 温度 $T[\text{K}]$ である。

また, 熱力学第 1 法則は以下の式 (b)で表せる。

$$\delta Q = C_v dT + PdV \quad (C_v = C_p - R) \quad (\text{b})$$

δQ は加熱量, dT , dV はそれぞれ温度変化, 体積変化を表す。また C_v , C_p , R , P はそれぞれ定積比熱, 定圧比熱, 気体定数, 気圧を表す。以下, 単位質量 ($m=1$) の空気塊を考える。

- (1) 窒素や酸素で主に構成される地球大気の実モル質量を $29 [\text{g/mol}]$ として, 地球大気の実気体定数 R (単位は $[\text{J kg}^{-1}\text{K}^{-1}]$) を式(a)より求めよ。
- (2) また大気の実密度を ρ とすると, 式(a)は $P = \rho RT$ と表されることを示せ。
- (3) 式(b)を変形して, 次の式(c)を導け。
$$\delta Q = C_p dT - VdP \quad (\text{c})$$
- (4) 式(c)において, 気圧 P で気温 T の空気塊を断熱的に $P_0 (=1000 \text{ hPa})$ まで運んだときの温度を θ (温位) とするとき, θ は次の式(d)で表せることを示せ。

$$\theta = T \left(\frac{P_0}{P} \right)^{\frac{R}{C_p}} \quad (\text{d})$$

[2] 次の問1と問2に答えよ。

問1 酸素分子および窒素分子の構造、およびその性質について、次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) 酸素分子は常磁性（磁石に引き付けられる性質）を示し、反応活性であるが、窒素分子は常磁性を示さず、反応不活性である。両者の違いを説明せよ。ただし、2つの酸素原子軌道あるいは窒素原子軌道からO₂分子軌道あるいはN₂分子軌道のエネルギー準位図を作成し、この図を用いて説明せよ。
- (2) 酸素分子および窒素分子は、それぞれ赤外活性（赤外線を吸収する）か、あるいは不活性か。赤外活性の条件は何かを説明した後、酸素分子と窒素分子のそれぞれが赤外活性か否かを判定せよ。
- (3) 酸素分子、窒素分子および一酸化窒素分子の伸縮振動の波数を大きい順にならべよ。また、その根拠を説明せよ。

問2 酸素の反応について次の(1)~(3)に答えよ。

- (1) ダイヤモンドの燃焼によって発生する熱は $395.40 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、水素ガスの燃焼によって発生する熱は $285.83 \text{ kJ mol}^{-1}$ 、メタンガスの燃焼によって発生する熱は $890.31 \text{ kJ mol}^{-1}$ である。ダイヤモンドと水素からメタンが生成する際の反応熱を求めよ。
- (2) 次の反応について、 25°C における ΔS° を求めよ。ただし、 $\text{H}_2(\text{g})$ 、 $\text{O}_2(\text{g})$ 、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ の 25°C における標準エントロピーはそれぞれ $130.6 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、 $205.03 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ 、 $188.7 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ とする。
$$\text{H}_2(\text{g}) + \frac{1}{2}\text{O}_2(\text{g}) = \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \quad (\text{g}) : \text{気体状態を表す}$$
- (3) (2)において 25°C における ΔG° を求めよ。ただし、 $\text{H}_2\text{O}(\text{g})$ の 25°C における標準生成エンタルピーは $-241.83 \text{ kJ mol}^{-1}$ とする。

[3] PCR法とジデオキシ法についての以下の文章を読み、次の問1～6に答えよ。

ポリメラーゼ連鎖反応 (PCR) 法を用いると、チューブ内で非常に少数の特定の DNA 配列を百万倍にも増幅することができる。PCR 法は、増幅したい DNA 配列 (標的配列) を含む 2 本鎖鋳型 DNA と①DNA ポリメラーゼ、4 種類のデオキシリボヌクレオチド (deoxyribonucleotide; dATP, dGTP, dTTP, dCTP)、そして標的配列の両端に相補的な 2 つのオリゴヌクレオチドプライマーが必要である。PCR の最初のサイクルでは、②まず鋳型 DNA が 94 °C で熱変性される。この状態から大量のオリゴヌクレオチドプライマーの存在下で 50-60 °C まで冷やすことによりプライマーが標的配列の両端に対合する。その後 72 °C で温めると DNA ポリメラーゼが新たな DNA を伸長させていく。この 3 ステップの反応で 1 つのサイクルが構成され、1 コピーの鋳型 DNA が 2 コピーになる。2 サイクル目も同様のステップで、標的配列は 4 コピーになる。

また DNA 塩基配列決定法であるジデオキシ法 (Dideoxy 法) においても、3 ステップの温度制御による DNA の合成を行う。ただし、ジデオキシ法では、1 つのプライマーのみを用い、デオキシリボヌクレオチドに加えてジデオキシリボヌクレオチド (dideoxyribonucleotide; ddATP, ddGTP, ddTTP, ddCTP) を加える。ジデオキシ法は、伸長中の DNA にジデオキシリボヌクレオチドが取り込まれると、そこで DNA の伸長反応が止まることを利用した方法である。

問1 下線部①の DNA ポリメラーゼには、*Taq* ポリメラーゼと呼ばれる DNA ポリメラーゼがよく使われる。*Taq* ポリメラーゼが PCR に適している理由とは何か、簡単に記せ。

問2 下線部②において、熱処理によって切断される結合の名称と、熱処理によって DNA がどのような状態になっているかを記せ。

- 問3 生体内における DNA 複製ではプライマーはどのような物質から構成されているか記せ。
- 問4 PCR 法におけるプライマーの役割を2つ記せ。
- 問5 PCR の2サイクル目が終了した時点における、鋳型 DNA 1 コピーから増幅された DNA の状態を図示せよ。鋳型 DNA, PCR によって合成された DNA 2 種類のプライマーの位置, 各鎖の 5' 末端, 3' 末端がわかるように図示すること。DNA の長さは無視してよい。
- 問6 ジデオキシ法で用いられるジデオキシリボヌクレオチドはどのような構造か, ジデオキシリボヌクレオチドが取り込まれると, そこで DNA の伸長が止まる理由とともに説明せよ。

[4] 平野の地形についての以下の文を読んで、次の問1～6に答えよ。

河川が山地や丘陵から平野に出ると、一般的に形成される地形は、谷口から順に、扇状地、氾濫原、三角州である。これらの地形は河川の流水速度と運搬荷重との関係に依存し、これらの地形に堆積する碎屑物は前述の関係だけでなく流路形態にも左右される。また海岸には、沿岸流や季節風の作用が大きい場合には、砂州・砂嘴や砂丘が形成される。

問1 河川は、扇状地、氾濫原、三角州によって流路形態を異にする。それぞれの地形に対応する流路形態を述べよ。また、それに伴って堆積物の性質がどのように変化するかを述べよ。

問2 扇状地の流路形態は、半三角錐形の地形そのものを形成するのに大きな役割を負っているが、それはどのようなものか述べよ。

問3 氾濫原には河川の流路形態のほかに特徴的な地形がある。そのうち2つの地形を選び、それぞれがどのように形成されると考えられているかを述べよ。

問4 ミシシッピ・デルタはもっとも有名な鳥趾状三角州であるが、このタイプの三角州を形成する要因は、他のタイプの三角州とどのように異なるかを述べよ。

問5 砂州や砂嘴が形成するだけでは砂丘は形成しない。では砂丘はどのように形成されると考えられているか、説明せよ。