

令和2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選抜試験問題  
一般入試

環境科学専攻  
自然システム科学コース  
E1

**専門科目（基礎自然科学）**

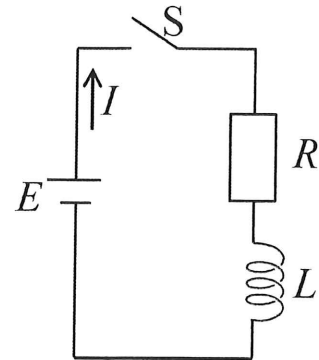
**注意事項**

- 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 ] 以下の問1～問2に答えよ。

- 問1 十分に高い位置で質量  $m$  の小球を時刻  $t = 0$  で離れた。このとき、重力加速度を  $g$  とし、
- (a) 空気の抵抗が無視できる場合、
  - (b) 速さに比例する抵抗係数  $k$  の空気抵抗が働く場合、
- のそれぞれについて、小球の速さ  $v$  を時刻  $t$  の関数として表せ。  
また、縦軸に速さ  $v$ 、横軸に時刻  $t$  を取って、両者の関係を図示せよ。

- 問2 図のような電池（起電力  $E$ ）、コイル（自己インダクタンス  $L$ ）、抵抗  $R$  で構成される電気回路について、時刻  $t = 0$  でスイッチ  $S$  を閉じたときの電流  $I$  について、時刻  $t$  の関数として求めよ。コイルの逆起電力は  $L \frac{dI}{dt}$  とする。



[2] 以下の問1～問2に答えよ。

問1 以下の文章を読み、(1)～(5)に答えよ。

原子中の電子の運動はシュレディンガー方程式を解くことにより求められる。 $+Ze$  の電荷を持つ原子核と1個の電子から構成される水素類似原子では、シュレディンガー方程式は解析的に解くことができ、電子の状態は主量子数  $n$ 、方位量子数  $l$ 、磁気量子数  $m$  によって決まる波動関数  $\Psi_{n,l,m}$  で表される。また、電子の持つエネルギーは  $n$  のみに依存し、次の式で与えられる。

$$E_n = -\frac{m_e Z^2 e^4}{8\epsilon_0^2 h^2} \frac{1}{n^2}$$

ここで  $m_e$  は電子の静止質量、 $e$  は電気素量、 $\epsilon_0$  は真空の誘電率、 $h$  はプランク定数である。

多電子原子の電子の波動関数は解析的に求めることはできないが、水素類似原子の波動関数の相似形であるとして求めることができる。

(1) 水素原子のイオン化エネルギーは  $13.6 \text{ eV}$  である。

このとき  $\frac{m_e e^4}{8\epsilon_0^2 h^2}$  の値を  $\text{eV}$  単位で求めよ。

(2) 気体水素を電気放電することによって生成する励起水素原子からの発光は図1のように輝線を示す線スペクトルを与える。この中で  $10.2 \text{ eV}$  のエネルギーに相当する  $122 \text{ nm}$  の輝線はどのエネルギー状態からどのエネルギー状態への電子遷移によるものか答えよ。

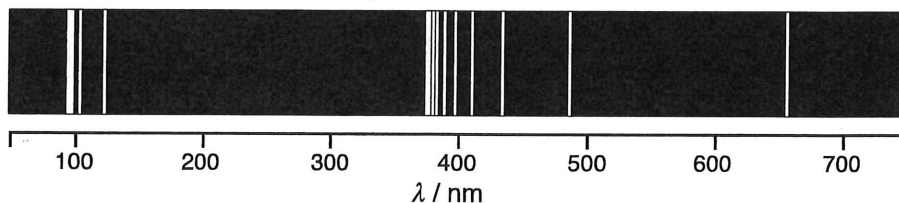


図1 励起水素原子の発光スペクトル

(3) ヘリウムイオン ( $\text{He}^+$ ) のイオン化エネルギーを求めよ。

(4) 基底状態のヘリウム原子中の2個の電子について、それぞれの状態の量子数  $n, l, m$  を答えよ。

(5) ヘリウム原子の第一イオン化エネルギーは  $24.6 \text{ eV}$  であり、第二イオン化エネルギーより小さい。ヘリウム原子の第一イオン化エネルギーが第二イオン化エネルギーより小さい理由を“遮蔽効果”の用語を用いて説明せよ。

問2 系に閉じ込められた 1 mol の理想気体の圧力  $p$ , 体積  $V$  および温度  $T$  のそれぞれを微小量  $\Delta p$ ,  $\Delta V$  および  $\Delta T$  だけ準静的に断熱変化させた。以下の (1) ~ (4) に答えよ。ただし,  $R$ ,  $C_V$  および  $\gamma$  はそれぞれ気体定数, 定積熱容量および熱容量比であり,  $R = 8.31 \times 10^3 \text{ Pa dm}^3 \text{ K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ ,  $C_V = \frac{3}{2}R$ ,  $\gamma = 1 + R/C_V$  とする。

(1)  $\Delta p$  と  $\Delta V$  の積 ( $\Delta p \Delta V$ ) は十分小さく無視できるとき, 次式が成立することを示せ。

$$p \Delta V + V \Delta p = R \Delta T$$

(2) 系になされた仕事は体積仕事のみであるとして, 次式が成立することを示せ。

$$-p \Delta V = C_V \Delta T$$

(3) 前問 (1) および (2) の各式を用いて, 以下の式を導け。途中の過程も記すこと。

$$pV^\gamma = \text{Const} \quad (\text{一定})$$

(4) 温度 300 K, 体積 25.0 dm<sup>3</sup> の理想気体 1 mol を体積 200.0 dm<sup>3</sup> まで準静的に断熱膨張させた。このときの理想気体の圧力と温度を有効数字 3 桁で求めよ。計算の過程も記すこと。

[ 3 ] 以下の問1～問2に答えよ。

問1 ヒトの配偶子形成と受精に関する以下の文章を読み、(1)～(3)に答えよ。

精子形成がおこなわれる精巣は複雑に曲がった細精管からなり、その細精管の内壁は生殖細胞である[ 1 ]とそれを支持するセルトリ細胞からなる。細精管の外縁部に存在する[ 1 ]は、有糸分裂をおこない、2個の娘細胞のうち1つは[ 1 ]として残る。もう1つは一次[ 2 ]となり、減数分裂をおこない、細精管の中心部へと移動する。1つの一次[ 2 ]から第一減数分裂により2つの二次[ 2 ]が生じ、続く第二減数分裂により4つの[ 3 ]が生じる。セルトリ細胞の助けによって、[ 3 ]から精子へと成熟する。成熟した精子は、細精管の中心に位置する内腔へと出て、[ 4 ]へと送られ運動能を獲得し、輸精管に蓄えられる。射精時に輸精管を送り出された精子は、精囊からの分泌液が加わり、射精管と呼ばれる管へと至る。射精管は[ 5 ]に合流し、[ 6 ]と尿道球腺からの分泌液が加わり、最終的に精液として陰茎の先端から体外へ出される。

一方、卵形成がおこなわれる卵巣には濾胞と呼ばれる機能的な単位が存在する。胚発生中に有糸分裂によって増殖した[ 7 ]は、減数分裂を開始するものの第一減数分裂前期で停止し、一次[ 8 ]となる。1つの濾胞は多数の顆粒膜細胞に囲まれた1つの一次[ 8 ]によって作られる。出生時におおよそ100万個の濾胞が存在する。思春期が始まると、月経周期に応じて少数の濾胞が刺激され第一減数分裂を再開させ、そのうち1つの濾胞が完全な成熟を遂げ、二次[ 8 ]と第一極体を生じる。二次[ 8 ]は、第二減数分裂の中期で再び停止し、排卵される。排卵された二次[ 8 ]は輸卵管内へ運ばれ、そこで精子と受精した場合、第二減数分裂を再開し、卵と第二極体を生じる。受精した卵は子宮内膜に着床し、やがて胎盤が形成される。

- (1) 文章中の[ 1 ]～[ 8 ]に適切な語句を入れよ。
- (2) 上述の生殖系列で見られる減数分裂について、体細胞で見られる有糸分裂とは異なる点を2つ述べよ。
- (3) 現生の哺乳類は、原獣類(単孔類)・後獣類(有袋類)・真獣類(有胎盤類)という3つに大きく分けられる。真獣類以外の原獣類と後獣類について、それらの特徴を述べ、それぞれに含まれる代表的な動物名を1つ挙げよ。

問2 光合成生物の進化に関する以下の文章を読み、(1)～(5)に答えよ。

色素体(あるいは葉緑体)の起源は、細胞内共生説により説明されている。<sup>(ア)</sup>色素体の起源となった生物はラン藻であると考えられており、この考えは分子系統学的解析からも支持されている。知られている限りでは、唯一の例外を除けば全真核光合成生物の色素体は1回きりの一次共生イベントに起源していると考えられており、その後、二次共生によりさまざまな真核光合成生物の系統が生まれてきたと考えられている。

二次共生により色素体を獲得した二次植物の中には、起源となった一次植物の光合成色素組成をそのまま引き継いでいるようなグループも知られているが、<sup>(イ)</sup>珪藻のように、その起源となった生物群の色素体からは構造も色素も変化した色素体を持っている場合も知られている。

- (1) 細胞内共生説とはどのような考えか、簡単に説明せよ。
- (2) 下線部(ア)について、その根拠となるような、原核光合成生物の中でラン藻にのみ見られる特徴を述べよ。

- (3) 二次共生が起こったと考えられている理由は何か，分子系統学的解析の結果にもとづいて説明せよ。
- (4) 下線部（イ）に関して，珪藻の色素体の起源生物群とは何か，グループ名を記せ。
- (5) 下線部（イ）に関して，起源生物群と珪藻の間にみられる主要な光合成色素の違いについて説明せよ。

[ 4 ] 段丘の地形に関する以下の文章を読み、問 1～問 6 に答えよ。

段丘とは、川が作る河成低地や海が作る海成低地が離水したもので、河川侵食または海岸侵食によって低地が開析されたために、一方または四方を崖や急斜面で縁取られ、周囲よりも高い平坦地を持つ階段状ないし卓状になった高台の地形をいう。河成段丘や海成段丘の段丘面は過去の低地の残片であり、低地時代に形成された微地形が残存していることがある。

問 1 河成低地に形成される微地形を 2 つ答えよ。

問 2 段丘は、「侵食基準面」が低下することで侵食が活発化して形成される。この侵食の復活は、河川過程であれば堆積または側方侵食から下方侵食に転じることである。

(1) 河川侵食を規定する基準面は何か、答えよ。

(2) 河川の侵食基準面が変化する主な要因は 2 つあり、1 つは氷河性海面変動である。もう 1 つの要因を答えよ。

問 3 氷河性海面変動について説明せよ。

問 4 河成段丘面で起こる自然災害を 1 つ答えよ。

問 5 段丘地形に関する説明について不適切なものを記号で答えよ。

(ア) 河成段丘の段丘面は河川の下流方向に傾斜している。

(イ) 段丘面の年代の決定には火山灰が利用される。

(ウ) 日本沿岸で同一時代に形成された海成低地の段丘面の高さは同じである。

(エ) 段丘崖基部では湧水が得られる。

問 6 海成段丘の形成過程を説明せよ。