

令和6年度入学試験問題（前期日程）

理 科

初等教育教員養成課程
理数教育プログラム
中等教育教員養成課程
中等教育プログラム 理科専攻

物	理	1
化	学	5
生	物	10
地	学	22

注意事項

1. 解答は、すべて別紙解答紙の指定の箇所に記入すること。
2. 解答紙には、必ず受験番号を記入すること。

令和6年度前期日程入学試験問題

問題訂正

初等教育教員養成課程 理数教育プログラム
中等教育教員養成課程 中等教育プログラム理科専攻

◎科目名 理科（物理）

1 ページ [1] (問1) (イ) 問題文 2行目 下線部を削除

(誤) 糸の張力を を T を求めよ

(正) 糸の張力 T を求めよ

3 ページ [4] リード文 2行目 下線部を訂正

(誤) 質量 m の 電荷 が

(正) 質量 m の 電子 が

4 ページ [4] (問3) 問題文 1行目 下線部を削除

(誤) 電子の軌道半径 (ボーア半径) r_n を

(正) 電子の軌道半径 r_n を

物 理

〔 1 〕 力と運動に関する以下の問いに答えよ。

(問 1) 質量がそれぞれ m と M の物体 A と B を軽い糸でつなぎ、図 1 のような台の角の滑車にかけて。物体 A 側の斜面はあらいが、物体 B 側の斜面はなめらかである。また、台は図 1 のように物体 A 側の斜面は水平面に対して角度 θ をもつ直角三角形である。いま、物体 A と B をそれぞれの斜面上に置き、静かに放すと、B は斜面下方へすべりはじめた。物体 A とあらい斜面との間の動摩擦係数を μ' 、重力加速度の大きさを g とする。

(ア) 物体 A にはたらく動摩擦力を求めよ。

(イ) 物体 A と B の加速度を a 、糸の張力を T として運動方程式を書き、加速度 a と糸の張力を T を求めよ。ただし、それぞれ M 、 m 、 θ 、 μ' 、 g を用いて表せ。

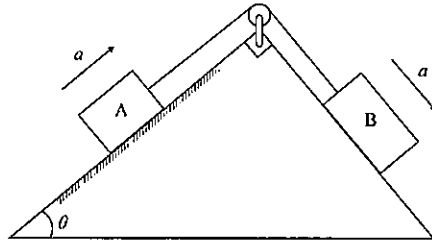


図 1

(問 2) 図 2 の(a)、(b)、(c)、(d)のように、水平な直線上を滑らかに動くことのできる質量 m の物体が、ばね定数 k のばねとそれぞれ異なる連結の仕方とで接続している。それぞれのばねは、はじめ、自然長となる状態で静止している。各物体を静止した位置からずらして放したところ、単振動を始めた。それぞれの単振動の周期を T_a 、 T_b 、 T_c 、 T_d としたとき、これらの大小関係を等号、不等号を用いて示せ。また、そのようになる理由も示せ。

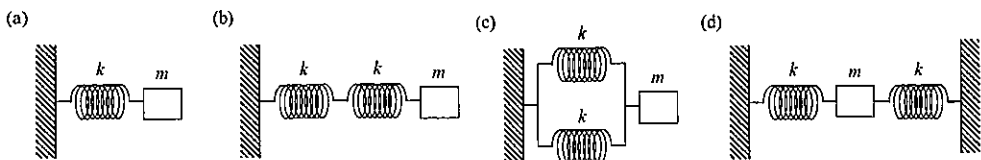


図 2

〔2〕 電磁気学に関する以下の問いに答えよ。

図3に示すように、一様な磁束密度 B の磁場を鉛直下向きにかけた状態で、水平に置かれた半径 r 、巻数1の円形コイルがある。直角に曲げた細い導体 POQ を、点 O が円形コイルの中心になるように置く。導体の一端 P が円形コイルに接した状態で、 OQ を軸として一定の角速度 ω で回転させる。導体の他端 Q と円形コイルのあいだには抵抗 R を接続している。角度はラジアンを表し、円周率を π とする。

- (問1) 抵抗に流れる電流の向きは、図中の $a \rightarrow b$ と $b \rightarrow a$ のどちらか。
 (問2) 端子 a - b 間に生じる電圧を求めよ。
 (問3) 導体が一回転するあいだに、抵抗 R で消費される熱エネルギー Q を求めよ。

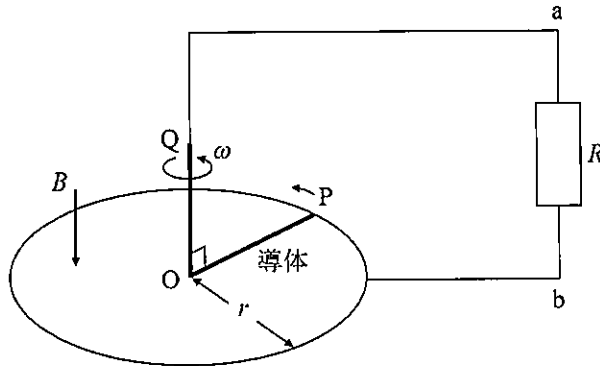


図3

〔3〕 波動に関する以下の問いに答えよ。

図4のように、細いスリット S_0 を含むスリット面 I、2本の細いスリット S_1 と S_2 を含むスリット面 II、スクリーンを平行に置いた。 S_1 と S_2 は S_0 から等距離にあり、 S_1 と S_2 の中点は M とし、 S_0 と M を通る直線がスクリーンと交わる点を O とする。 $S_1S_2 = d$ 、 $MO = L$ 、 $OP = x$ とする。光源 Q から出た波長 λ の単色光を、 S_0 を通して回折させ、 S_1 、 S_2 を通過させた。スクリーン上に明暗の縞模様(干渉縞)ができた。 d および x は L に比べてきわめて小さいものとして、次の問いに答えよ。

(問1) 距離 S_1P と S_2P をそれぞれ d 、 L 、 x を用いて表せ。

(問2) 2本のスリット S_1 と S_2 を通って点 P に到達する2つの光の経路差 $S_2P - S_1P$ を求めよ。ただし、 $|h| \ll 1$ のときに成立する近似式 $(1+h)^n \cong 1+nh$ を用いよ。

(問3) スクリーン上にできた干涉縞の明線の位置と暗線の位置それぞれを、 d 、 L 、 λ を用いて表せ。

(問4) d を広げると、干涉縞の明線(暗線)の位置と隣り合う間隔はどうなるか説明せよ。

(問5) いま、装置全体を屈折率 n ($n > 1$) の透明な溶媒で満たした。このとき、干涉縞の明線(暗線)の位置と隣り合う間隔はどうなるか説明せよ。

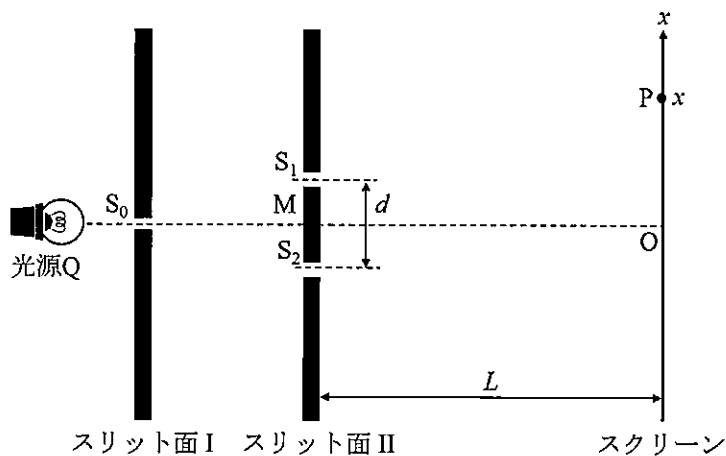


図4

〔4〕 原子の構造に関する以下の問いに答えよ。

ボーアの水素原子模型では、静止している電荷 $+e$ の原子核のまわりに $-e$ の電荷をもつ質量 m の電荷が、原子核と電子のあいだにはたらく静電気力を向心力として、半径 r 、速さ v の等速円運動をしていると考える。プランク定数を h 、クーロンの比例定数を k_0 、円周率を π とする。

(問1) 電子の円運動について成り立つ関係式を示せ。

(問2) 電子が電磁波を放射せず安定な軌道を回る、いわゆる定常状態となるための条件(量子条件)を m 、 v 、 r 、 h 、 n 、 π を用いて表せ。ただし、 n は量子数 $n (= 1, 2, 3, \dots)$ である。

(問 3) 量子数が n のときの電子の軌道半径 (ボーア半径) r_n を e 、 m 、 k_0 、 h 、 n 、 π を用いて表せ。

(問 4) 量子数が n のときの電子の全エネルギー E_n は電子の運動エネルギーと、静電気力による位置エネルギー (無限遠を基準とする) の和として与えられる。全エネルギー E_n を e 、 m 、 k_0 、 h 、 n 、 π を用いて表せ。

E_n はエネルギー準位と呼ばれており、量子数が $n=1$ のときは基底状態、 $n \geq 2$ のときは励起状態という。電子が高いエネルギー準位 E_n から低いエネルギー準位 $E_{n'}$ ($E_n > E_{n'}$) に遷移するとき、その差のエネルギーを光子 $h\nu = E_n - E_{n'}$ として放出する。 ν は光子の振動数である。

(問 5) 放出される光子の振動数 ν を、 e 、 m 、 k_0 、 h 、 n 、 n' 、 π を用いて表せ。

化 学

〔1〕～〔5〕をすべて解答せよ。

必要なら次の値を用いよ。気体定数 $R = 8.314 \times 10^3 \text{ Pa} \cdot \text{L} / (\text{mol} \cdot \text{K})$

$\log_{10} 2 = 0.301$, $\log_{10} 3 = 0.477$, $\log_{10} 5 = 0.699$, $\log_{10} 7 = 0.845$

原子量 : H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0, Na = 23.0, Cl = 35.5, Ba = 137

〔1〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

原子はその中心に (ア) の電荷をもつ (イ) があって、この (イ) が原子の質量の大部分を占めている。中性の原子では、(ウ) の電荷をもった電子が (イ) の電荷を打ち消すのに必要な数だけ (イ) のまわりを取り巻いている。1個の電子がもつ電荷の絶対値は $1.60 \times 10^{-19} \text{ C}$ である。これは電気量の最小の単位で、(エ) とよばれる。

(イ) は (オ) と (カ) とからなり、中性の原子では (オ) 数は電子数と等しく、これを (キ) といい、元素の (ク) 表はこの (キ) の順番に並んでいる。(オ) の数と (カ) の数の和を (ケ) という。

塩素 Cl の原子量は 35.5 であるが、これは (ケ) 35 の ^{35}Cl と (ケ) 37 の ^{37}Cl の2種類の (コ) 体が 3:1 の割合で存在するからである。塩素原子 ^{37}Cl の (イ) は (サ) 個の (オ) と (シ) 個の (カ) からできている。

(問 1) 空欄 (ア) ~ (シ) に適当な語句もしくは数字を記せ。

(問 2) 1.00 A の電流が 1.00 秒間に運ぶ電気量は電子何個分に相当するか。計算結果は有効数字 3 桁で示せ。

(問 3) 塩素分子のうち ^{35}Cl 1 個と ^{37}Cl 1 個からできている分子は何%の割合で存在するか。計算結果は小数点以下第 1 位まで示せ。

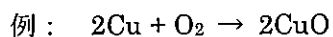
〔2〕 以下の問いに答えよ。計算結果は有効数字2桁で示せ。

過マンガン酸カリウムと二酸化硫黄との酸化還元反応は、酸性溶液中で次のように進行する。



(問 1) 反応式(1)の係数a~fを決定し、完成させた反応式を記せ。

(問 2) この反応において酸化される元素と還元される元素はどれか。また、各々の元素の反応前後での酸化数変化を例にならって記せ。



酸化される元素: Cu $0 \rightarrow +2$ 還元される元素: O $0 \rightarrow -2$

(問 3) 0.040 mol/L の KMnO_4 溶液 50 mL と過不足なく反応する SO_2 の物質量はいくらか。

(問 4) 問3の反応により生じた酸を中和するのに必要な 0.10 mol/L の NaOH 溶液は何 mL か。

〔3〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

$C_4H_8O_2$ の分子式で表され、構造が異なる 4 つのエステル A～D がある。A～D のそれぞれを加水分解したところ、A と B からは還元性をもつ共通のカルボン酸 E が得られた。一方、B からはアルコール F、D からはアルコール G がそれぞれ得られた。アルコール F と G は、いずれもヨードホルム反応を示した。

(問 1) カルボン酸 E の構造式を記せ。

(問 2) アルコール F、G の構造式を記せ。

(問 3) エステル A～D の構造式を記せ。

〔4〕以下の問いに答えよ。ただし、この問題中の水溶液はすべて希薄溶液とし、電解質はすべて電離しているとして考えること。また、不揮発性の非電解質であるエチレングリコールとグリセリンのヒドロキシ基は水溶液中で電離せず、溶質分子同士の会合はないとする。水の密度は 1.00 g/mL 、エチレングリコールの密度は 1.11 g/mL 、グリセリンの密度は 1.26 g/mL とする。

(問 1) エチレングリコールは 1,2 - エタンジオールともよばれる 2 価アルコールであり、分子式は $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$ である。3 価アルコールであるグリセリンは 1,2,3 - プロパントリオールともよばれ、その分子式は $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}_3$ である。エチレングリコールとグリセリンの構造式を記せ。

(問 2) 不揮発性の非電解質であるエチレングリコールを水 1000 mL に加えてつくった質量パーセント濃度が 1.00% であるエチレングリコール水溶液を溶液 A とする。溶液 A の質量モル濃度を有効数字 3 桁で求めよ。

(問 3) 溶液 A の凝固点は $-0.302 \text{ }^\circ\text{C}$ である。水のモル凝固点降下を有効数字 3 桁で求めよ。

(問 4) 不揮発性の非電解質であるグリセリン 10.0 mL を水 1000 mL に加えてつくった水溶液を溶液 B とする。溶液 B の凝固点を有効数字 3 桁で求めよ。

(問 5) 171 g の不揮発性の非電解質 C を水 2000 mL に溶かしてつくった水溶液の凝固点が $-0.463 \text{ }^\circ\text{C}$ であるとする。不揮発性の非電解質 C の分子量を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、希薄溶液中で非電解質 C の分子は解離・電離せず、溶質分子どうしの会合もないとする。

(問 6) 塩化ナトリウム 1.17 g を 500 mL の水に溶かしてつくった水溶液の凝固点を有効数字 3 桁で求めよ。

〔5〕以下の問いに答えよ。必要があれば、水のイオン積として $K_w = 1.00 \times 10^{-14}$ (mol/L)² を用いよ。

- (問 1) 1.013×10^5 Pa, 273 Kにおいて 44.8 mLの体積をもつ二酸化炭素の物質量を有効数字 3 桁で求めよ。ただし、二酸化炭素は理想気体であるとする。
- (問 2) 二酸化炭素を水酸化バリウム水溶液に溶かすと沈殿が生じる。この反応の反応式を記せ。
- (問 3) 水酸化バリウム 1.71 gを水に溶かして 100 mLの水酸化バリウム水溶液を調製した。この水酸化バリウム水溶液のモル濃度を有効数字 3 桁で求めよ。
- (問 4) 問3の水酸化バリウム水溶液の pHを小数点以下 1 桁まで求めよ。ただし、水溶液中で水酸化バリウムは完全に電離しているものとする。
- (問 5) 問1で求めた物質量の二酸化炭素を、問3の水酸化バリウム水溶液 100 mLに溶解させると沈殿が生じた。十分な時間が経過した後、水溶液の上澄み液を 10.0 mLはかり取ったものを溶液Aとする。この溶液Aの pHを小数点以下 1 桁まで求めよ。ただし、水酸化バリウム水溶液への二酸化炭素の溶解と沈殿の生成による水溶液の体積変化は無視でき、水溶液に溶解させた二酸化炭素はすべて沈殿に変化したとする。また、溶液Aをはかり取る際の(沈殿を除く)水溶液の濃度は均一であるとする。
- (問 6) 問5の溶液Aを中和するのに要する 0.050 mol/Lの塩酸の体積を有効数字 2 桁で求めよ。

生 物

〔 1 〕 次の文章を読んで、下の各問に答えよ。

酵母は、酸素が多い条件下では、呼吸を行ってエネルギーを得ており、酸素が少ない条件下や無い条件下では、(ア)発酵を行ってエネルギーを得ている。一般的に呼吸および(ア)発酵では、材料(呼吸基質)として(イ)を用いる。(イ)は、呼吸によって、最終的に(ウ)と(エ)に分解されるが、(ア)発酵では、(ウ)と(オ)に分解される。

乳酸菌は(カ)発酵を行ってエネルギーを得ている。動物の筋肉においても、激しい運動を行うなどして酸素の供給が不十分な時には、(カ)発酵と同じ反応が起こる。すなわち、筋肉において、(イ)や、(イ)が多数結合した高分子化合物である(キ)が分解されて、(カ)が生成される。この過程は、(ク)と呼ばれる。

(問 1) 文章中の空欄(ア)～(ク)に入る適語を答えよ。ただし、同じ記号には同じ語句が入る。

(問 2) 酵母と乳酸菌の細胞の違いに関する以下の文の空欄 A, B に入る適語を答えよ。ただし、同じ記号には同じ語句が入る。

酵母は、(A)細胞からなる(A)生物であり、乳酸菌は、(B)細胞からなる(B)生物である。

(問 3) 発酵の反応が行われる細胞内の場所の名称を答えよ。

(問 4) 発酵と呼吸に共通して存在する反応経路の名称と、この反応経路で生じる生成物の名称を答えよ。

(問5) 下線部に関して、酵母の(ア)発酵が、酵母を培養する際の酸素濃度によって制御されることを、発見者の名前にちなんで何と呼ぶか答えよ。

(問6) 下線部に関して、酵母を酸素が多い条件下で培養すると発達して数が多くなるが、酸素が無い条件下で培養するとほとんど見られなくなる細胞内の構造体の名称を答えよ。

(問7) 下線部に関して、この現象の生物学的意義を、酵母による(イ)の消費の観点から説明せよ。

〔2〕 次の文章を読んで、下の各問に答えよ。

植物には、環境からの様々な刺激を受容するしくみがある。特に、光は、植物にとって重要な環境情報である。植物の種子の中には、a 発芽の3条件を満たしているも、光が照射されないと発芽しない b 光発芽種子がある。光発芽種子では、光を受容すると、2つの植物ホルモンが関係して発芽が始まる。すなわち、(ア)の合成が促進され、これにより、(イ)による発芽抑制の働きが解除されて発芽が始まる。

光発芽種子の発芽に関わる光受容体は、(ウ)であり、主に c 赤色光 (R) と遠赤色光 (FR) を吸収する。ある光発芽種子を暗所に置いてから2時間後に、1分間の赤色光 (R) 照射と、4分間の遠赤色光 (FR) 照射を交互に行った後、再び暗所に置いて5日後の発芽率を調べたところ、次の表のような結果が得られた。a 一般的に光発芽種子は小型で、貯えている栄養分が非常に少ないものが多い。c このような光発芽種子が自然の中で枯れずに成長する際に表の結果が示す性質が役立っている。

光による植物の反応は、赤色光以外に f 青色光でも見られる。主に青色光を受容する光受容体として、g フォトリピンと(エ)が知られている。

表

光の照射順	発芽率 (%)
暗所	3
暗所→R→暗所	85
暗所→R→FR→暗所	6
暗所→R→FR→R→暗所	83
暗所→R→FR→R→FR→暗所	8
暗所→R→FR→R→FR→R→暗所	72
暗所→R→FR→R→FR→R→FR→暗所	5

暗所：暗所に置く。

(問1) 文章中の空欄 (ア) ~ (エ) に入る適語を答えよ。

(問2) 下線部 a に関して、発芽の 3 条件を答えよ。

(問3) 下線部 b の例として適切なものを、次の中から全て選び、記号 (アルファベット) で答えよ。

A.カボチャ B.レタス C.タバコ D.キュウリ E.トマト

(問4) 下線部 c に関して、赤色光 (R) と遠赤色光 (FR) の波長として最も適切なものを、次の中から選び、それぞれ記号 (アルファベット) で答えよ。

A.450 nm B.520 nm C.590 nm D.660 nm E.730 nm F.800 nm

(問5) この光発芽種子の発芽に関して、表から読み取れることを説明せよ。

(問6) 下線部 d に示す特徴を有する光発芽種子が生きのびるためには、どのようなことが必要か説明せよ。

(問7) 下線部 e に関して、発芽の 3 条件を満たしていても、光発芽種子の発芽が抑制される、自然の中での具体的な場所を 2 つ答えよ。

(問8) 下線部 f に関して、青色光の波長として最も適切なものを、(問4) の選択肢の中から 1 つ選び、記号 (アルファベット) で答えよ。

(問9) 下線部 g に関して、フォトトロピンが青色光を受容することで起こる植物の反応として適切なものを次の A~E の中から全て選び、記号 (アルファベット) で答えよ。

A.気孔の閉口 B.気孔の開口 C.茎の光屈性 D.茎の伸長成長の抑制
E.葉緑体の定位運動

〔3〕 次の文章を読んで、下の各問に答えよ。

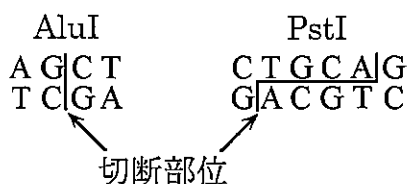
a. ヒトのインスリン遺伝子から生じた mRNA に、(ア) 酵素を作用させて(ア) させ、相補的 DNA (cDNA) を合成する。合成した 1 本鎖 cDNA に、(イ) と呼ばれる酵素を作用させて複製し、多量の DNA 断片を得る。この DNA 断片と、大腸菌がもつ(ウ) を、同じ種類の b 制限酵素を用いて切断する。これらに、(エ) と呼ばれる酵素を作用させて、切断した DNA 断片を(ウ) に組み込む。切断した DNA 断片を組み込んだ(ウ) を大腸菌に取り込ませて培養すると、増殖した大腸菌から多量のインスリンが得られた。このように、外来の遺伝子が導入され、その組換え遺伝子が体内で発現するようになった生物を(オ) 生物という。一般的に、c. (オ) 植物の作製には、アグロバクテリウムが用いられる。

(問 1) 文章中の空欄 (ア) ~ (オ) に入る適語を答えよ。ただし、同じ記号には同じ語句が入る。

(問 2) 下線部 a について、ヒトのインスリン遺伝子の DNA をそのまま用いるのではなく、cDNA を用いる理由を説明せよ。

(問 3) 下線部 b は、もともと細菌内に存在している。細菌内における下線部 b の本来の働きを説明せよ。

(問 4) 下線部 b の例として AluI と PstI があり、2 本鎖 DNA において、それぞれ以下のような塩基配列を認識して切断する。2 本鎖 DNA を AluI または PstI で切断する場合、これらの制限酵素が認識する塩基配列は、DNA の中で、理論上、何塩基対ごとに出現するか、それぞれ求めよ。ただし、DNA の塩基配列はランダムであるとする。



(問5) 約 460 万塩基対からなる大腸菌の DNA を、「特定の 8 塩基からなる塩基配列」を認識して切断する制限酵素を用いて切断する場合、理論上、何個の断片を生じるか、有効数字 2 桁で答えよ。ただし、DNA の塩基配列はランダムであるとする。

(問6) 下線部 c について、(オ) 植物は、アグロバクテリウムのどのような性質を利用して作製されるのか説明せよ。

〔4〕 次の文章を読んで、下の各問に答えよ。

ある動物では、遺伝子 A と遺伝子 B が連鎖している。遺伝子 a および遺伝子 b は、それぞれ遺伝子 A および遺伝子 B の潜性（劣性）の対立遺伝子である。遺伝子型 AABB の個体と、遺伝子型 aabb の個体を交配して、雑種第一代（F₁）を得た。

（問 1） F₁ 個体の遺伝子型を答えよ。

（問 2） F₁ 個体でつくられる配偶子の組換え価が 5%であった場合、つくられる配偶子の遺伝子型の種類と、その比を答えよ。

（問 3） F₁ 個体でつくられる配偶子の組換え価が 6.25%であった場合、つくられる配偶子の遺伝子型の種類と、その比を答えよ。

（問 4）（問 2）の F₁ 個体と、（問 3）の F₁ 個体を交配して、雑種第二代（F₂）を得た場合、F₂ で予想される遺伝子型 AaBB, AaBb, Aabb, aabb の個体数の比を答えよ。

〔5〕 次の文章を読んで、下の各問に答えよ。

流れる血液が血管の管壁を押し出す力を血圧という。ヒトでは、上腕部（二の腕）や手首を用いて、a左心室が（ア）して血液を動脈に力強く送り出したときの血圧（最高血圧）と、左心室が（イ）したときの血圧（最低血圧）の2つを、動脈の血圧として計測する。b動脈では最高血圧が平均120mmHgであり、最低血圧が平均80mmHgである。これに対して、静脈の血圧は平均15mmHgであり、動脈の血圧と比べてかなり低い。

ヒトの身体では、毎日、膨大な数の赤血球が、骨の内部にある（ウ）に存在する（エ）細胞からつくられ、寿命が尽きた赤血球は（オ）や肝臓で分解される。体重70kgの成人の場合、身体を構成する細胞数は約30兆個であり、これらの総重量は約45kgと推定されている。身体を構成する約30兆個の細胞の中で、赤血球の数は約25兆個であるが、この総重量はわずか2.7kgである。このことは、c赤血球以外の細胞に比べて、赤血球は、かなり軽量であることを示している。

次の表は、脊椎動物の様々な種における赤血球の大きさ（長径と短径、下の図を参照）と、血液1mm³に含まれる赤血球の数を示している。

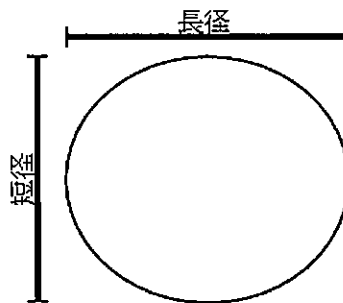


図. 赤血球の大きさ（長径と短径）

表

	種	赤血球の 長径 (μm)	赤血球の 短径 (μm)	血液 1mm ³ に含ま れる赤血球の数
魚類	シビレエイ	27	20	140,000
	ウナギ	15	12	1,100,000
	コイ	11	8.2	1,400,000
	ウシノシタ (シタビラメ)	12	9	2,000,000
両生類	ヨーロッパ トノサマガエル	23	16	600,000
	ヨーロッパアカガエル	23	16	490,000
	ヨーロッパヒキガエル	20.5	13.3	380,000
	キタイモリ	31	22	164,000
	ファイアサラマンダー	43	25	90,000
ハ虫類	スナトカゲ	16	10	1,420,000
	ヒメアシナシトカゲ	18	9	1,520,000
	ヨーロッパヤマカガシ	18	11	970,000
鳥類	ダチョウ	14	9	1,620,000
	カワラバト	14	7	3,000,000
	ハシボソガラス	12	7	2,490,000
哺乳類	マウス	6	6	9,500,000
	ラット	7.5	7.5	9,000,000
	ゴールデンハムスター	5.6	5.6	6,900,000
	モルモット	7.4	7.4	5,600,000
	ヒト	7.5	7.5	4,500,000
	チンパンジー	7.4	7.4	5,100,000
	ネコ	4.5	4.5	8,220,000
	イヌ	7	7	6,650,000
ブタ	6	6	6,960,000	

Rainer Flindt, Amazing Numbers in Biology, p73, 2006 より一部改変して引用

(問1) 文章中の空欄(ア)～(オ)に入る適語を答えよ。

(問2) 下線部aに関して、哺乳類と両生類の心臓の構造の違いと、その構造の違いが、哺乳類に比べて、両生類の身体に及ぼす不利な点について、それぞれ説明せよ。

(問3) 下線部bに関して、動脈に比べて、静脈の血管に特徴的な構造2つを、根拠(理由)とともに答えよ。

(問4) 赤血球の寿命を125日と仮定した場合、1日あたりの赤血球の産生数を推定せよ。

(問5) 下線部cに関して、赤血球以外の細胞の平均重量を1と仮定した場合、赤血球の平均重量を求めよ。ただし、小数第4位を四捨五入し、小数第3位までを答えよ。

(問6) 他の脊椎動物と比べた、哺乳類の赤血球の特徴を表から読み取り、2つ答えよ。

(問7) 脊椎動物において、赤血球の大きさと、血液 1mm^3 に含まれる赤血球の数との間には、どのような関係があるか、表から読み取れることを根拠に論理的に説明して、推定せよ。

〔6〕 次の文章を読んで、下の各問に答えよ。

生物の系統関係を樹木の形に表現した図を、a系統樹という。系統樹を用いると、生物の類縁関係や進化の過程を分かりやすく示すことができる。生物の系統は、生物間に見られる共通性によって推測することができる。近縁な生物間ほど共通性が多くなる傾向がある。b生物を形質の差異に基づいて分類する場合、祖先から受け継がれた原始的な形質ではなく、進化によって新たに生じた形質に基づいて系統関係を推測する。ただし、個別に進化した異なる生物どうしても互いによく似た形質をもつ場合があるなど、必ずしも形質から正確な系統関係を推測できるわけではない。

下の図は脊椎動物の系統樹である。左上の●が脊椎動物の共通の祖先であり、①～⑥は、それぞれ、魚類・両生類・ハ虫類・鳥類・哺乳類のいずれかに該当する。

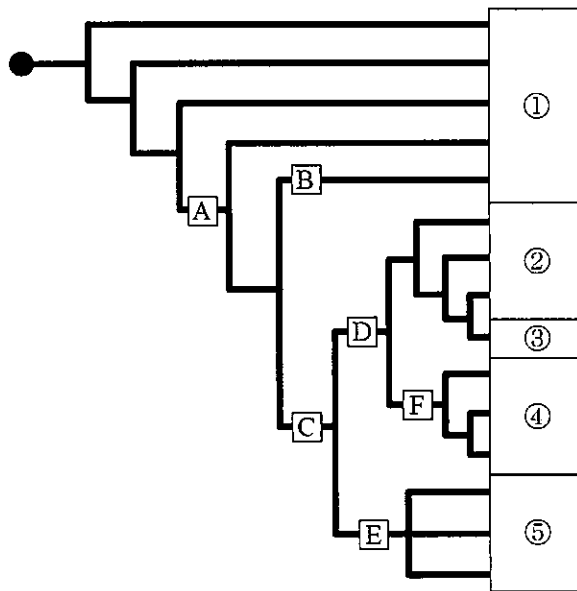


図. 脊椎動物の系統樹

(問1) 下線部 a に関して、「個体発生は系統発生を繰り返す」と考え、三界説に基づく系統樹を発表した人物の名前を答えよ。

(問2) 下線部 b に関して、次のア～ウの進化が、脊椎動物の系統樹のどこで起こったか、図の中の A～F の中からそれぞれ選び、記号 (アルファベット) で答えよ。

ア. ひれから四肢が進化し、陸上に進出した。

イ. 羊膜が進化し、胚は羊水中で発生するようになった。

ウ. 筋肉質のひれが進化し、一部の種ではひれで泥上を這い回れるようになった。

(問3) 図の中の①～⑤は、魚類・両生類・ハ虫類・鳥類・哺乳類のどれに該当するか、それぞれ答えよ。

(問4) 下線部 c の現象を何というか答えよ。

(問5) 次のア～キの中から、類人猿を全て選び、記号で答えよ。

ア. チンパンジー イ. ニホンザル ウ. ゴリラ エ. キツネザル

オ. テナガザル カ. オランウータン キ. マントヒヒ

(問6) 次のア～エの人類について、出現が早い順に並べ替えて、記号で答えよ。

ア. ホモ・エレクトス

イ. ホモ・ネアンデルターレンシス

ウ. アウストラロピテクス・アファレンシス

エ. サヘラントロプス・チャデンシス

地 学

〔1〕 次の文章を読み、以下の問いに答えよ。

天体までの距離を求めることは、宇宙の構造や成り立ちを理解する上で必要不可欠である。天体までの距離測定は、その距離に応じていくつかの方法が使い分けられている。太陽に比較的近い天体であれば (a)年周視差を使う方法がよく使われる。もう少し遠い天体では (b)セファイド (ケフェウス座 δ 型変光星ともよばれる) や Ia型超新星のような標準光源 (天体そのものの光度がわかっている天体) を使う方法がある。さらに、遠方 (c)銀河などに対しては赤方偏移を利用した方法が使われる。

(問1) 下線部(a)に関連して、年周視差を使って天体までの距離を測定する方法の原理を説明せよ。図を用いてもかまわない。

(問2) 下線部(b)に関連して、以下の問いに答えよ。

(ア) あるセファイドAは大マゼラン雲に存在し、見かけの等級の平均値が14.0等であった。このセファイドAの絶対等級の平均値を小数点第1位まで求めよ。ただし、絶対等級とは天体が距離10パーセクの位置にあるとしたときの等級のことであり、大マゼラン雲は地球からちょうど距離50キロパーセクの位置に存在しているとする。必要であれば $\log_{10} 2 = 0.30$ としてよい。

(イ) 図1は、大マゼラン雲に見られるセファイドの周期と見かけの等級の平均値の関係 (周期-光度関係) を示したものである。いま、あるセファイドBの変光周期と見かけの等級の平均値を観測から求めたところ、それぞれ100日と17等であった。この時、セファイドBは地球からどれだけ離れているか。単位はメガパーセクで、有効数字は1桁で答えよ。必要であれば (ア) の問題文で述べたただし書きの情報を使ってよい。

(問3) 下線部(c)に関連して、銀河はその形態によっていくつかの種類に分類されている。たとえばわれわれの銀河(天の川銀河、銀河系ともよばれる)は渦巻銀河に分類されると考えられている。渦巻銀河を、銀河中心を通り銀河面に垂直な面で切断したときの断面図を模式的に描け。また、ハロー、バルジ、およびディスク(円盤部)がどこに該当するかを描いた断面図の中に示せ。断面図はハロー、バルジ、およびディスクの位置関係が分かる程度でよい。

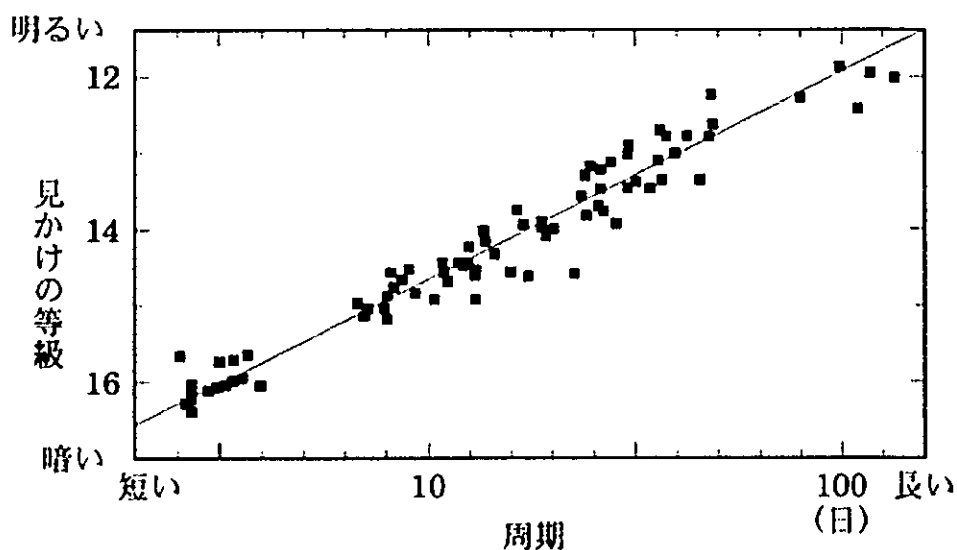


図1. 大マゼラン雲中のセファイドの周期と見かけの等級の平均値の関係。黒点は観測データを示しており、それらをグラフ上で直線につなぐように引いた線をグレーで示している。シリーズ現代の天文学第1巻、岡村・池内・海部・佐藤・永原編『人類の住む宇宙』(日本評論社)より引用。

〔2〕 次の教師と3名の生徒（アセノさん、コアさん、リソスさん）の会話文を読み、以下の問いに答えよ。

先生：前の時間では「白い石」を見つけてくること、という課題を出しましたが、皆さん見つけてきましたか？はい、それではアセノさん。

アセノ：はい、この石です。北九州市門司区△△というところで見つけました。

先生：釘の尖ったところでひっかいてみるとどうなりますか。

アセノ：傷跡がつくのが見えます。それから5mmくらいの楕円形をした灰色のものが見えるのですが、。

コア：ここにうすい塩酸があるので一滴かけてみてよ。

アセノ：[A]

先生：それはまさに [B] ですね。楕円形のは [C] の化石でしょう、石炭紀からペルム紀にかけて繁栄した海洋中の古生物です。それでは今度はリソスさんのを見せて下さい。

リソス：これ。福津市渡半島の海岸線で基盤岩の中に脈状に産していたのさ。

アセノ：露頭写真を見ると見事な岩脈になっていますね。

先生：どれどれ、長石と石英ばかりですね、鉱物の大きさもそれ程大きくありません。

かといって斑状組織が見える訳でもない。

リソス：そこにカリ長石と黒雲母が加わると花こう岩ですね。

コア：確かに、花こう閃緑岩に囲まれているなあ。

先生：この野外での産状と、今の観察結果を総合すると、この石は半花こう岩とかアプライトと呼ばれている岩石ですね。

リソス：どうりで分からない訳だ、教科書には載っていないし。

コア：高等学校の教科書程度でこの地球の全てが説明されているなんてあり得ない。世界にはもっと色々なものがあるはずさ。

先生：一応教科書で関連している所を紹介すると、火山の地下の様子の説明の図を思い出してもらいたい。

リソス：火山の山体の地下にマグマだまりが描いてある図ですね。

先生：そうそう

アセノ：私は高校の途中で引っ越してきたけど前の高校で使っていた地学基礎の教科書には載っていなかったな。

先生：教科書メーカーによって多少の差はあります。図はなくとも言葉で説明されている場合もあります。マグマだまりの存在は中学校の理科で学習済みということで高等学校で蒸し返さなくてもよいという考え方もありえるでしょう。

コア：ええと、それで何の話だっけ。

先生：マグマだまりの中でマグマが冷えて固まって行くと、どこから固まると思いますか。

リソス：やはり端っこのほうからですか。

先生：そうです、その熱はマグマだまりに接している周囲の岩石を加熱するのに使用されるのです。

アセノ：それで [D] が出来るのですね。あのかたくて緻密な変成岩が、。

先生：そして最後まで液としてのこるの？

コア：中心部だ！

先生：そう、そういったものを残液と呼んだりします。そういったものはどうやらマグマと言うよりも、高温の水溶液みたいなものになってゆーらしい。

コア：過剰に余ったり結晶に入りにくかったりする成分が最後に残るのですね。

先生：そう、それが何かの拍子に割れ目を伝って外へ出てきて脈状に固まると

リソス：アプライトになる。

先生：コアさんはどんなものを見つけましたか？

コア：ひひひ、海辺でこれを見つけてきたのだ。

アセノ：何ですかこの球体は、直径は7mm位だけど凄い光沢だ。

先生：これは真珠です。

リソス：それは岩石ではないでしょ、それに天然の真珠なんてあるのですか？

先生：昔は本当に天然真珠しかなかったのが希少価値が高かったのですが現在は養殖したものがほとんどですね。ここの表面が少しはげているところをみると、核の上に真珠層が1mm程の厚さにしか着いていません。こんな大きな核を使用するのは養殖ものの特徴です。

コア：天然物ではなかったか、がっかり。

アセノ：けれどこの光沢はいつ見ても美しいものですね。

先生：アラレ石という鉱物が、アコヤガイという生物の力でつくり出されているのです。

コア：アラレ石の化学式は CaCO_3 でしたよね。そういえば石灰岩に多量に含まれる方解石という鉱物も CaCO_3 だったような、、、つまりアラレ石と方解石は[E] の関係でいいのかな。

先生：その通りです。変成作用の最低温度が 200°C なので、その温度だと、、、そうですね 0.7GPa 位の圧力で変成作用が起こります。そのときアラレ石は高压条件で、方解石は低压側で安定になります。

リソス：紅柱石・[F]・藍晶石の三重点に比べるとかなり高压型の変成作用で生じるのですね。



露頭写真：左上から右下へ帯状にある色のうすい部分から岩石試料を採取した。

(問1) [A] に当てはまる最も適切な言葉を下記の(ア～エ) から1つ選べ。

ア：色が赤色に変わりました。

イ：泡が出て卵の腐ったような臭いの気体が発生しています。

ウ：泡が出て気体が発生しています(異臭等は無い)。

エ：何も変化は見られません。

(問2) [B～F] にあてはまる語句を解答せよ。

(問3) 文中でアラレ石の生じる条件について、登場人物が議論しているが、その議論の中にある矛盾点を指摘せよ。

[3] 以下の問いに答えよ。

(問1) 太陽からの放射が地球へと入ることで地球は暖められる。太陽からの放射エネルギーが最大となる波長はおよそ $0.5\ \mu\text{m}$ であり、これは [A] という電磁波の帯域に対応する。ウィーンの変位則を使うことで、太陽の表面温度はおよそ $5800\ \text{K}$ であると導くことができる。一方、地球表面からの放射が宇宙空間へと逃げていくことで地球は冷却される。地球表面からの放射エネルギーが最大となる波長はおよそ $10\ \mu\text{m}$ であり、これは [B] という電磁波の帯域に対応する。地球のエネルギー収支は、地球が暖められる効果と冷却される効果の釣り合いを考えることで議論することができる。

(ア) 文中 [A] および [B] に当てはまる語句を解答群から選んで答えよ。

【解答群】 電波 赤外線 可視光線 紫外線 X線

(イ) ウィーンの変位則を使って、おおよその地球表面の温度を求めよ。

(ウ) 温室効果ガスは地球のエネルギー収支にどのような影響を与えるか。下線部の記述内容に基づいて論じよ。

(問2) 図2は北半球での大気の大循環の様子を模式的に示している。

(ア) A, B, Cは地表における風を表している。それぞれの名前を答えよ。

(イ) (a)赤道付近、(b)北緯 30° 付近、(c)北緯 60° 付近、(d)北極付近は、周囲と比べて気圧が高いか低い。解答欄に「高い」あるいは「低い」のどちらか適切な方を記せ。

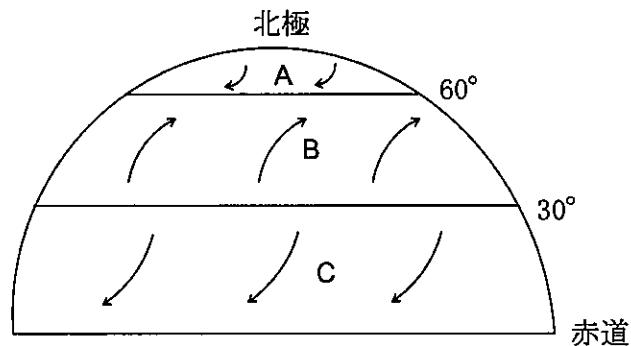


図2. 北半球での大気の大循環の様子

〔4〕 日本の自然環境の特徴について、高等学校で学んだ内容をできるだけ詳しく記述しなさい。図を用いてもよい。