

(令 6 前)

理 科

	ページ
物 理	1～ 6
化 学	7～17
生 物	18～27
地 学	28～34

- ・ ページ番号のついていない白紙は下書き用紙である。

注意 解答はすべて答案用紙の指定のところに記入しなさい。

物 理	75 点
化 学	75 点
生 物	75 点
地 学	75 点

物 理

I 図1のように、質量がそれぞれ m の小物体 A と B を、質量が M で半径が r の薄い円筒の内側に固定し、水平な机の上で滑らないよう転がした。小物体 A と B を結ぶ線は点 O で円筒の中心軸と直角に交わり、点 O は一定の速度 $\vec{v}_O$ で水平に動いている。鉛直下向きにはたらく重力加速度の大きさを g とする。以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。必要な物理量があれば定義して明示しなさい。(配点 25 点)

問 1 机から円筒にはたらく力の向きと大きさを答えなさい。

問 2 ある時刻で、点 O に対する小物体 A の相対速度が $\vec{v}_{OA}$ であった。このとき、小物体 B の速度 $\vec{v}_B$ を求めなさい。また、相対速度 $\vec{v}_{OA}$ の大きさ $|\vec{v}_{OA}|$ を求めなさい。

問 3 小物体 A の運動エネルギーは時間変化する。その最小値と最大値を求めなさい。

時刻 $t = 0$ で小物体 A が最も高い位置にあった。

問 4 その後、円筒が 1 回転して小物体 A が再び最も高くなる時刻 $t = T$ を求めなさい。

問 5 小物体 A の位置エネルギー U_A と、小物体 B の位置エネルギー U_B の和 $U_A + U_B$ を求めなさい。また、時刻 $t = 0$ から $t = T$ までの間の、小物体 A の位置エネルギー U_A の時間変化を、解答欄のグラフに描きなさい。ただし、机の上面を重力による位置エネルギーの基準面とする。

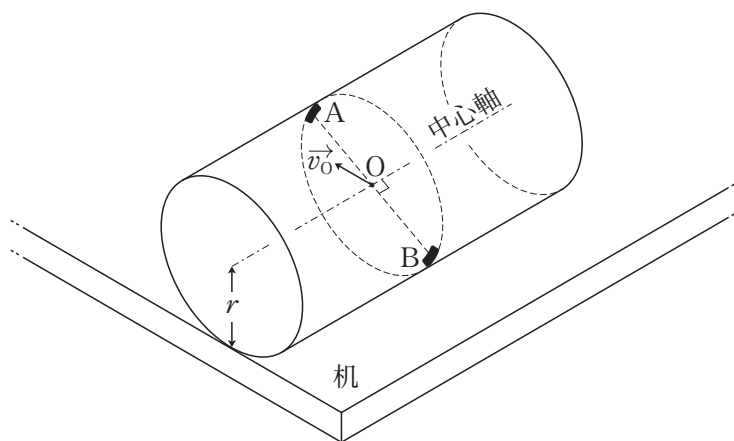


图 1

Ⅱ 質量分析器の原理について考える。図 1 のようにイオン源 S で電荷 $q (q > 0)$, 質量 M の陽イオンを発生し, 電位差 V で加速する。加速された陽イオンは, 磁束密度の大きさ B の一様な磁場中で円軌道を描いた後に, 直進して検出器 D で検出される。陽イオンは紙面内で運動するものとする。S および D は十分に小さく, 重力は無視できるものとして以下の問 1 ～ 5 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。必要な物理量があれば定義して明示しなさい。(配点 25 点)

問 1 図 1 の運動をするための磁場の向きを答えなさい。

問 2 一様な磁場がかけられた領域に入射する直前の陽イオンの速さ v を求めなさい。

問 3 陽イオンの円軌道の半径を求めなさい。ここでは v を用いてよい。

磁束密度の大きさを B' に変化させると, S から出た電荷 q , 質量 M' の陽イオンが検出された。

問 4 $\frac{M'}{M}$ を求めなさい。ここでは v を用いないで表しなさい。

問 5 磁束密度の大きさを $1.00 \times 10^{-1} \text{ T}$ から $2.00 \times 10^{-1} \text{ T}$ まで変化させることができる装置を考える。 $1.00 \times 10^{-1} \text{ T}$ の磁場をかけたときに質量数 50 の陽イオンが検出された。この装置で測定可能な質量数の下限と上限を求めなさい。また, 磁束密度の大きさが $2.00 \times 10^{-1} \text{ T}$ のときに検出される陽イオンの質量数と, $1.99 \times 10^{-1} \text{ T}$ のときに検出される陽イオンの質量数との差を求めなさい。ただし, 考える陽イオンはすべて同じ電荷 q をもつものとする。

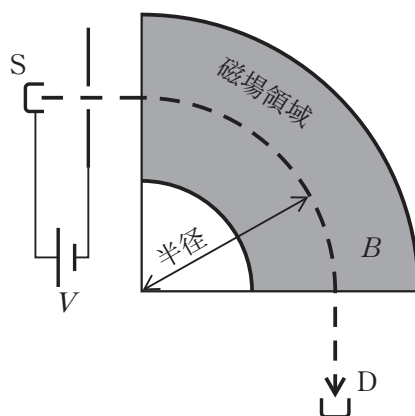


图 1

Ⅲ 波について以下の問 1 ～ 6 に答えなさい。解答の導出過程も示しなさい。必要な物理量があれば定義して明示しなさい。(配点 25 点)

問 1 異なる媒質の境界面で生じる固定端反射について考える。図 1 に示すような入射波があるとき、反射波を破線で、合成波を実線で、ともに一波長分を解答欄のグラフに描きなさい。

図 2 に示すように屈折率 n_1 、厚さ d の一様な薄膜が、屈折率 n_2 の平坦で十分に厚い基板の上に広がっている。空気中での波長 λ の単色光が面に垂直に入射すると、境界面 A と境界面 B で光が反射して干渉する。空気の屈折率を 1.0 とし、 $1.0 < n_1 < n_2$ の場合を考える。また、 n_1 、 n_2 は光の波長によらず一定とする。

問 2 薄膜を通過する光の波長を求めなさい。

問 3 反射光が弱め合う条件を、 n_1 、 d 、 λ および整数 $k = 0, 1, 2, 3, \dots$ を用いて表しなさい。

薄膜の屈折率は $n_1 = 1.7$ であることがわかっている。様々な波長の単色光を発生できる光源を用いて反射光を観測し、強め合う波長や弱め合う波長を用いて d を求めたい。図 3 に可視光線を用いた測定結果を示す。

問 4 反射光が最も弱め合う波長を有効数字 2 桁で読み取りなさい。

問 5 問 4 で読み取った波長に対し、問 3 で考えた k の値を求めなさい。

問 6 d の値を有効数字 2 桁で求めなさい。

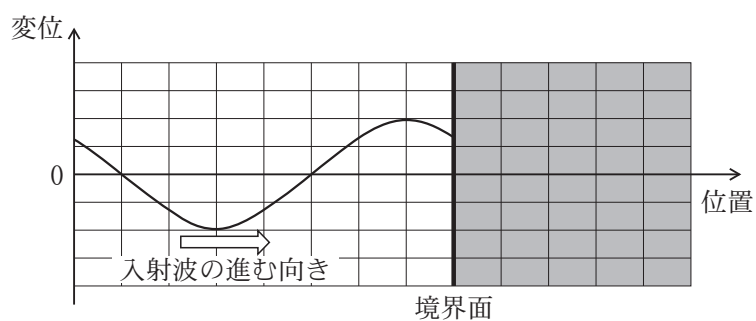


図 1

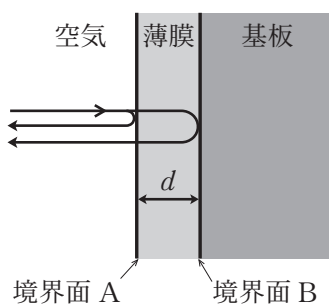


図 2

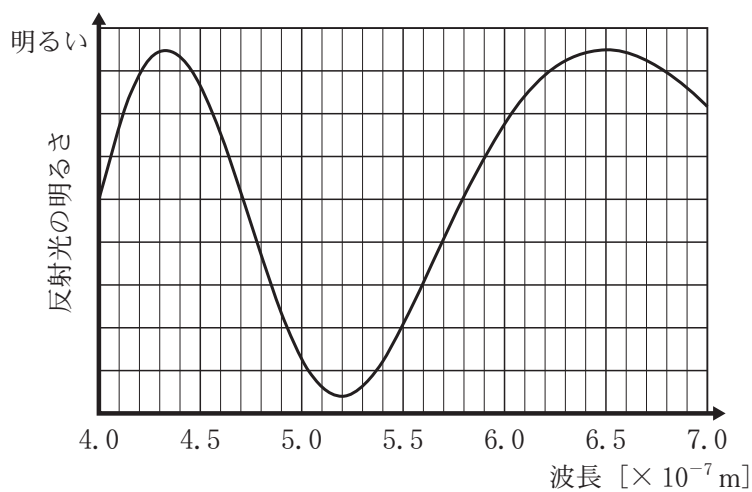


図 3

化 学

計算のために必要であれば、次の値を用いなさい。

原子量：H 1.00 C 12.0 O 16.0

ファラデー定数： 9.65×10^4 C/mol, アボガドロ定数： 6.02×10^{23} /mol

I 次の文章を読んで、問 1 ～ 4 に答えなさい。(配点 19 点)

窒素と水素からアンモニアを合成する反応は、アンモニア生成に伴い発熱する可逆反応であり、反応式は以下となる。



式(1)の反応が平衡にある場合、一定圧力下で温度を上げるとアンモニアの量は する。通常アンモニア合成は酸化鉄を主成分とする触媒を用いて高温・高圧条件下で行う。触媒を用いることで、 , 活性化エネルギーが 別の反応経路ができるため、反応速度が大きくなる。

問 1 ア ～ ウ にあてはまる語句として正しい組み合わせを選択肢
①～⑧の中から番号で答えなさい。

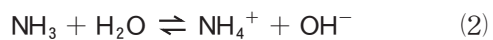
選択肢	ア	イ	ウ
①	増加	反応熱が低下し	大きい
②	減少	反応熱が低下し	大きい
③	増加	反応熱が低下し	小さい
④	減少	反応熱が低下し	小さい
⑤	増加	反応熱は変わらず	大きい
⑥	減少	反応熱は変わらず	大きい
⑦	増加	反応熱は変わらず	小さい
⑧	減少	反応熱は変わらず	小さい

問 2 式(1)について、以下の問いに答えなさい。ただし、気体定数は $R[\text{Pa}\cdot\text{L}/(\text{mol}\cdot\text{K})]$ とし、全ての気体は理想気体としてふるまうものとする。

- (i) ある温度 $T[\text{K}]$ のときの窒素、水素、アンモニアの分圧がそれぞれ $p_{\text{N}_2}[\text{Pa}]$, $p_{\text{H}_2}[\text{Pa}]$, $p_{\text{NH}_3}[\text{Pa}]$ である場合の圧平衡定数 K_p を答えなさい。
- (ii) 濃度平衡定数を K_c としたときに、圧平衡定数 K_p と K_c の間に成り立つ関係を式で答えなさい。

問 3 反応容器の容積と温度が一定の条件で、窒素 3.00 mol と水素 3.00 mol を反応させた。系が平衡状態となった後の容器の圧力は元の圧力の 0.700 倍であった。このときの水素の分圧が $1.00 \times 10^7 \text{ Pa}$ であった場合に、圧平衡定数を単位も含めて有効数字 3 桁で答えなさい。

問 4 アンモニアを水に溶解させるとアンモニウムイオンが生成する。その際の反応式は以下である。ただし、水のイオン積は $1.0 \times 10^{-14} (\text{mol/L})^2$, $\log_{10} 2 = 0.30$ とする。



- (i) 式(2)において、 0.10 mol/L アンモニア水溶液の pH を有効数字 2 桁で答えなさい。ただし、アンモニアの電離度は 0.010 とする。
- (ii) (i)の水溶液 20 mL に 0.010 mol/L 塩酸を 10 mL 加えた水溶液の pH を有効数字 2 桁で答えなさい。

Ⅱ 第4周期までのアルカリ金属の性質について、以下の文章を読んで、問1～7に答えなさい。(配点19点)

アルカリ金属のイオン化エネルギーは同一周期の他の原子と比べると
[ア]。アルカリ金属の同族内でイオン化エネルギーを比べると、
[イ] > [ウ] > [エ] の順である。一方、アルカリ金属のイオン^(A)
化傾向は [オ] > [カ] > [キ] の順である。アルカリ金属の単体
は^(B)融塩電解で得られ、それらの密度は [ク] > [ケ] > [コ] の
順である。アルカリ金属の塩の多くは水に対する溶解度が高いため、沈殿生成反応^(C)
でアルカリ金属の存在を確認することは難しい。そこでアルカリ金属イオンの存在
を確認する簡便な方法として、 [サ] が用いられている。

問1 [ア] に入る適切な言葉として、(大きい、小さい)のいずれかを答えなさい。

問2 [イ] ～ [エ] ならびに [オ] ～ [キ] のそれぞれにあてはまる第4周期までのアルカリ金属を元素記号で答えなさい。

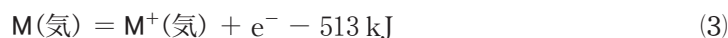
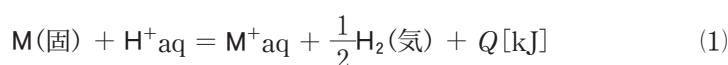
問3 第4周期までのアルカリ金属の単体は体心立方格子の結晶構造をとり、いずれの原子も中性子が陽子より一つ多い同位体からなるとする。また、第2周期のアルカリ金属の原子半径を r とすると、第3周期と第4周期のアルカリ金属の原子半径はそれぞれおよそ $1.2r$ と $1.5r$ である。これらの条件に基づいて、[ク] ～ [コ] にあてはまる第4周期までのアルカリ金属を元素記号で答えなさい。

問4 [サ] にあてはまる適切な語句を答えなさい。

問 5 下線部(A)に関して, (i), (ii)の問いに答えなさい。

(i) 反応熱は, 反応経路によらず, 反応のはじめの状態と終わりの状態で決まる。この法則は何の法則と呼ばれるかを答えなさい。

(ii) アルカリ金属の原子を M と表記すると, アルカリ金属のイオン化傾向は式(1)の熱化学方程式の反応熱 Q の大きさの順に対応している。(i)の法則に基づき, 式(2)~(7)を用いることで, 式(1)の反応熱 $Q[\text{kJ}]$ を答えなさい。さらに, 式(1)の化学反応が発熱反応か吸熱反応かもあわせて答えなさい。

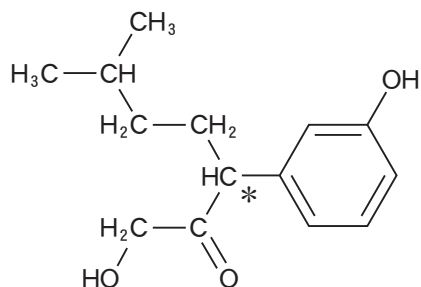


問 6 下線部(B)に関して, アルカリ金属の塩化物を MCl とすると, MCl の熔融塩電解において陽極と陰極で起こる反応を, それぞれ e^- を含むイオン反応式で答えなさい。

問 7 下線部(C)に関して, ソーダ石灰ガラスの製造に用いられるアルカリ金属塩を工業的に製造するアンモニアソーダ法(ソルベー法)は複数の工程からなる。その一つの工程に塩化ナトリウムの飽和水溶液からの沈殿生成反応が含まれている。この沈殿生成の化学反応式を答えなさい。

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1 ～ 7 に答えなさい。なお、構造式は以下の例にならって書きなさい。(配点 19 点)

構造式の記入例(*印は不斉炭素原子を示す。)



分子式 $\text{C}_{10}\text{H}_{12}\text{O}_2$ で表されるエステル A, B, C は、互いに構造異性体の関係にある。

エステル A を水酸化ナトリウム水溶液中で加水分解(けん化)したのち中和すると、芳香族カルボン酸 D と分子式 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ で表される化合物 E が生成した。化合物 E を硫酸酸性の二クロム酸カリウムと反応させるとカルボン酸 F が生成した。

エステル B を水酸化ナトリウム水溶液中で加水分解(けん化)したのち中和すると、カルボン酸 F と芳香族化合物 G が生成した。芳香族化合物 G のベンゼン環の炭素原子に結合している水素原子の一つを塩素原子で置換したとすると、得られる構造異性体は 2 種類である。

エステル C を水酸化ナトリウム水溶液中で加水分解(けん化)したのち中和すると、酢酸と芳香族化合物 H が生成した。芳香族化合物 H をヨウ素と水酸化ナトリウムを含む水溶液に加えたところ、特有の臭気を持つ黄色の沈殿として化合物 I が生じた。

問 1 芳香族カルボン酸 D の名称を書きなさい。

問 2 カルボン酸 F の構造式を書きなさい。

問 3 芳香族化合物 G の構造式を書きなさい。

問 4 化合物 I の名称と分子式を書きなさい。

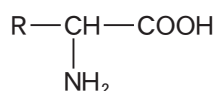
問 5 芳香族化合物 H の構造式を書きなさい。不斉炭素原子が含まれている場合には、その炭素原子に*印を付けなさい。

問 6 エステル A, B, C の構造式を書きなさい。不斉炭素原子が含まれている場合には、その炭素原子に*印を付けなさい。

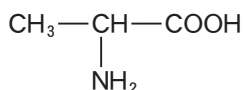
問 7 化合物 A ~ I のうち、不斉炭素原子を有する化合物の記号をすべて答えなさい。該当する化合物がない場合は「なし」と書きなさい。

IV 次の文章を読んで、問 1 ～ 4 に答えなさい。(配点 18 点)

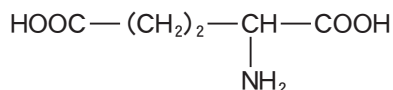
タンパク質を構成するアミノ酸のうち、分子内のアミノ基とカルボキシ基が同じ炭素原子に結合しているアミノ酸は ア と呼ばれる。以下にこうしたアミノ酸の一般的な構造式といくつかの例を示す。



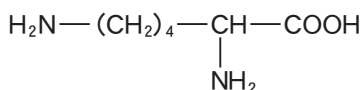
一般的な構造式



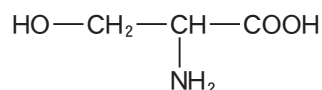
アラニン



グルタミン酸



リシン



セリン

アラニンは側鎖 R がメチル基であり、分子内に不斉炭素原子を持つため、このアミノ酸には イ 異性体^(a)が存在する。タンパク質を構成する主要な 20 種類のアミノ酸のうち、イ 異性体が存在しないのはグリシンのみであり、その側鎖 R は ウ である。

水溶液中でアミノ酸は、 H^+ がカルボキシ基からアミノ基へ移動して分子内に正と負の両方の電荷がある エ イオンとなり、電離平衡の状態が存在する。アミノ酸由来の各イオンの割合は pH によって変化するため、アミノ酸の水溶液は少量の酸や塩基を加えても pH があまり変化しないという オ 作用^(b)を示す。また、アミノ酸由来の各イオンの電荷の総和が 0 となる pH は等電点^(c)と呼ばれる。

問 1 ア ～ オ にあてはまる語句，または化学式を答えなさい。

問 2 下線部(a)について，同じ方向にそろえた 2 枚の偏光板の間に試料を置き，白熱電球から発せられ，試料を透過した光の明るさを目視で観察するという，以下の図 1 に示すような実験を行った。試料には，アラニンのどちらか一方の イ 異性体を純水に溶解させたもの(水溶液 A)と，グリシンを純水に溶解させたもの(水溶液 B)を用意した。試料の透過光の明るさは試料の代わりに純水を置いたときと比較して調べた。ただし，偏光板なしに観察したときの明るさは水溶液 A と水溶液 B と純水でどれも同じであった。このとき，試料の透過光の明るさを正しく表している組み合わせを選択肢①～⑥の中から番号で答えなさい。

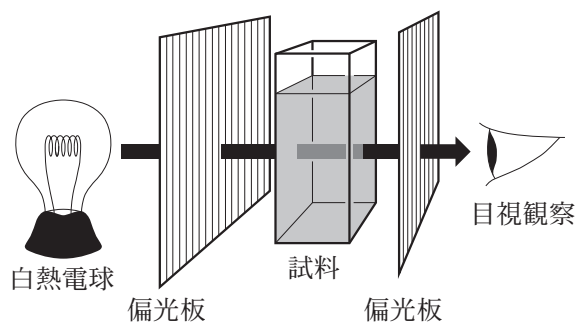


図 1

選択肢	水溶液 A のときの明るさ	水溶液 B のときの明るさ
①	明るくなった	同じであった
②	明るくなった	暗くなった
③	同じであった	明るくなった
④	同じであった	暗くなった
⑤	暗くなった	明るくなった
⑥	暗くなった	同じであった

問 3 下線部(b)について、以下の(i), (ii)の問いに答えなさい。

- (i) アラニン、グルタミン酸、ならびにリシンをそれぞれ 50 mL の 0.1 mol/L 塩酸に溶解させて 0.05 mol/L の溶液をつくった。各溶液に対して 0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液を滴下して滴下量と pH の関係を調べたところ、以下の図 2 のグラフに示される滴定曲線①～③が得られた。アラニンの溶液の滴定曲線を①～③の中から番号で答えなさい。

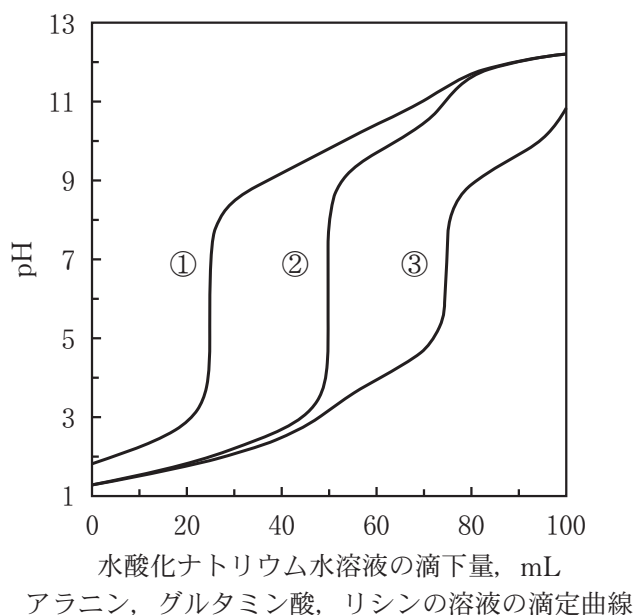
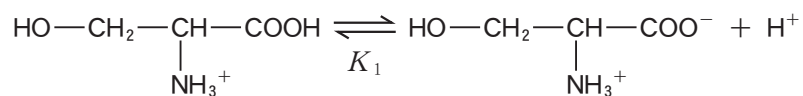


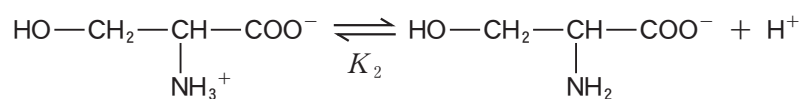
図 2

- (ii) スルホ基を官能基としてもつ陽イオン交換樹脂を詰めた円筒(カラム)を用い、(i)で滴定曲線①と③を与えたアミノ酸がともに 0.05 mol/L で 0.1 mol/L 塩酸に溶解している混合溶液からそれらの分離(クロマトグラフィー)を試みた。混合溶液をカラムへ流し込んだのち、まず塩酸と水酸化ナトリウム水溶液で pH 7 に調整した 0.1 mol/L 塩化ナトリウム水溶液を十分な量流し、つぎに pH 10 に調整した同じ濃度の塩化ナトリウム水溶液を十分な量流した。各 pH の溶液を流したときにカラムから流出するアミノ酸の名称を答えなさい。

問 4 下線部(c)について，セリンの水溶液中では以下に示す 2 つの電離平衡が成りたち，それぞれの電離定数 K_1 ， K_2 は各イオン反応式の下に示す値とする。セリンの等電点を有効数字 2 桁で答えなさい。



$$K_1 = 1.0 \times 10^{-2.2} \text{ mol/L}$$



$$K_2 = 1.0 \times 10^{-9.2} \text{ mol/L}$$

生 物

I 次の文章を読んで、問1～5に答えなさい。(配点19点)

生物は、酵素のはたらきによって糖などの分子を代謝して、エネルギーを作り出す。生物がエネルギー代謝に用いる代表的な糖であるグルコースは、アな分子であるため細胞膜をほとんど透過しないが、イと呼ばれる細胞膜を貫通するタンパク質の内部を通して細胞内に取り込まれる。細胞内に取り込まれたグルコースは、解糖系と呼ばれる種々の酵素が関わる一連の代謝経路によってピルビン酸に分解され、その過程でATPと、還元型の補酵素(補助因子)であるウが生成される。ピルビン酸は、他の代謝経路ではたらく酵素によってさらに分解・変換される。

上に述べたように、生物における代謝は酵素によって成り立っている。酵素を含めたタンパク質は、アミノ酸配列すなわち一次構造に応じて α ヘリックスや β シートなどの二次構造を形成し、それらが組み合わさった三次構造を取る。場合によっては、さらに複数のポリペプチド鎖が組み合わさって四次構造を形成する。このようなタンパク質の立体構造は、酵素の機能的な特性とも密接に関連している。

問1 空欄ア～ウにあてはまる最も適切な語句を答えなさい。ただし、空欄アには、「親水的」あるいは「疎水的」のいずれかの語句を答えなさい。

問2 下線部(A)のように、複雑な分子を単純な分子に分解してエネルギーを得る代謝のことを何と呼ぶか答えなさい。

問 3 下線部(B)の α ヘリックスにおいて、ポリペプチドを構成するアミノ酸の主鎖間で形成されているペプチド結合以外の化学結合の名称を答えなさい。また、種々の化学結合を介して、酵素タンパク質が特定の立体構造を形成することによって生み出される、酵素が持つ機能的な特徴を 1 つ答えなさい。

問 4 解糖系は多段階の酵素反応からなり、1 段階目の酵素反応は下記の反応 1 となる。

反応 1(酵素反応)：グルコース + ATP $\rightarrow$ リン酸化されたグルコース + ADP

下に述べる 3 つの事項を踏まえて、なぜ解糖系では、グルコースをリン酸化する反応を起こすことができるのかを 75 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

- ・上記の酵素反応を理解するために、下記の反応 2 と反応 3 の化学反応を考える。

反応 2：グルコース + リン酸 $\rightarrow$ リン酸化されたグルコース + 水

反応 3：ATP + 水 $\rightarrow$ ADP + リン酸

- ・標準的な条件下において、反応 2 すなわちグルコースのリン酸化を起こすためにはエネルギーを加える必要がある。そのため、反応 2 は自発的にはほとんど起こらない。
- ・ここで反応 3 を反応 2 と組み合わせると、反応式の左辺と右辺から水とリン酸が相殺され、反応 1 となる。

問 5 体積が $2000 \mu\text{m}^3$ で、細胞質中のグルコース濃度が 1 mmol/L の細胞を考える。この細胞内のグルコースをすべて解糖系が代謝すると、何 g のピルビン酸が生成されるか、計算式とともに答えなさい。ただし、 $1 \mu\text{m}^3$ は 10^{-18} m^3 、 1 mmol は 10^{-3} mol 、 1 L は 10^{-3} m^3 であり、ピルビン酸の分子量を 88 とし、有効数字は 2 桁として計算すること。なお、細胞内は細胞質で一様に満たされており、細胞内外からのグルコースの追加供給はなく、細胞膜の厚みや細胞中に存在する細胞内小器官の体積は無視することとする。

Ⅱ 次の問 1 ～ 4 に答えなさい。(配点 18 点)

問 1 以下の文章中の空欄 ア ～ カ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

遺伝子が発現する際、DNA の二重鎖の片方を ア として、
 ア と相補的な塩基配列をもつ RNA が合成される過程を、 イ
という。翻訳に使われる RNA は、 ウ 内でスプライシングなどを受けて
mRNA となる。その後、mRNA は エ を通って ウ の外に移動する。
mRNA の連続した 3 つの塩基はコドンと呼ばれ、1 つのアミノ酸を指定する。
 オ は、アンチコドンと呼ばれる部位をもち、アミノ酸と結合している。
翻訳の際には、 カ 上において、mRNA のコドンと オ
 オ のアンチコドンが結合し、遺伝情報にもとづいたタンパク質合成が行われる。

問 2 ある生物がもつ遺伝情報の 1 セットのことで、生物の個体形成や、生命活動の維持に必要な一通りの遺伝情報のことを何と呼ぶか、3 文字で答えなさい。

問 3 図 1 と図 2 の塩基配列情報と表 1 の遺伝暗号表を参考にして、以下の問(1)、(2)に答えなさい。

(1) 図 1 はある遺伝子の DNA 配列と mRNA 配列の一部を示している。解答欄の DNA 配列中のイントロン部分を囲みなさい。

(2) 図 1 のイントロンの 5' 末端の 1 塩基目が突然変異によりアデニンに置換された場合、mRNA の配列は図 2 のようになる。図 1 の正常な遺伝子から発現したものと比較するとき、突然変異が生じた遺伝子から合成されたペプチドのアミノ酸配列にはどのような変化が生じると考えられるか。突然変異が翻訳に与える影響がわかるように 50 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

DNA 配列 5' - ATGAAGTTGC CTATTATATT CTTAACTCTA TTAATTTTTG TTTCTTCATG
 TAAGTCTAAA TTATTTAATT AGGATAATGT GTCAGTATTA TAATCATTAT
 AAAAAGTGT TAAGAATTTG ATATATCTTT TAAAAAATAA ATTTGATAGA
 TACATCAACA CTTATAAATG GTTACTGTTT TGATTGCGCA AGAGCTTGTA
 TGAGACGGGG TAAGTATATT CGTACATGTA GTTTTGAAAG AAAACTTTGT
 CGTTGCAGTA TTAGTGATAT TAAATAA -3'

mRNA 配列 5' - AUGAAGUUGC CUAUUAUAUU CUUAAUCUA UUAUUUUUG UUUCUUAUA
 UACAUCAACA CUUUAUAAUG GUUACUGUUU UGAUUGCGCA AGAGCUUGUA
 UGAGACGGGG UAAGUAUAUU CGUACAUGUA GUUUUGAAAG AAAACUUUGU
 CGUUGCAGUA UUAGUGAUAU UAAAUAA -3'

図 1

突然変異後の mRNA 配列 5' - AUGAAGUUGC CUAUUAUAUU CUUAAUCUA UUAUUUUUG UUUCUUAUA
 UAAAUACAUC AACACUUAUA AAUGGUUACU GUUUUGAUUG CGCAAGAGCU
 UGUUUGAGAC GGGGUAAGUA UAUUCGUACA UGUAGUUUUG AAAGAAAACU
 UUGUCGUUGC AGUAUUAGUG AUAUUAAUA A -3'

図 2

表 1

		2 番目の塩基										
		U		C		A		G				
1 番目の塩基	U	UUU	フェニルアラニン	UCU	セリン	UAU	チロシン	UGU	システイン	U	3 番目の塩基	
		UUC		UCC		UAC		UGC		C		
		UUA	ロイシン	UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン	A		
		UUG				UCG		UAG		UGG		G
	C	CUU	ロイシン	CCU	プロリン	CAU	ヒスチジン	CGU	アルギニン	U		
		CUC				CCC		CAC		CGC		C
		CUA				CCA	CAA	グルタミン		CGA		A
		CUG				CCG	CAG			CGG		G
	A	AUU	イソロイシン	ACU	トレオニン	AAU	アスパラギン	AGU	セリン	U		
		AUC				ACC		AAC		AGC		C
		AUA		ACA		AAA	リシン	AGA	アルギニン	A		
		AUG	メチオニン	ACG		AAG		AGG		G		
	G	GUU	バリン	GCU	アラニン	GAU	アスパラギン酸	GGU	グリシン	U		
		GUC				GCC		GAC		GGC		C
		GUA				GCA	GAA	グルタミン酸		GGA		A
		GUG				GCG	GAG			GGG		G

問 4 次の文章を読んで問いに答えなさい。

Nさんは、花卉が赤い植物に対して外来の遺伝子を導入した。この外来の遺伝子は、植物の花弁の赤色の色素を作る酵素の遺伝子(遺伝子 X)の mRNA と相補的な配列をもつ小分子 RNA を発現するように設計されたものである。このトランスジェニック植物は赤色の色素を合成できなくなり、花卉の色が白色になった。赤色の色素が合成できなくなった原因を、40 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1 ～ 5 に答えなさい。(配点 19 点)

図 1 のように、水槽に入れたザリガニの後方から、腹部末端の付属肢(尾扇肢)にスポイトで水を吹きかけると、ザリガニはすぐさま腹部を強く屈曲させ反転して逃げた。この水流刺激を一定の間隔で繰り返すと、逃避行動は起こらなくなった。この状態は ア と呼ばれ、時間経過や別の部位への刺激などで解除される。

ア は単純な イ の一種である。

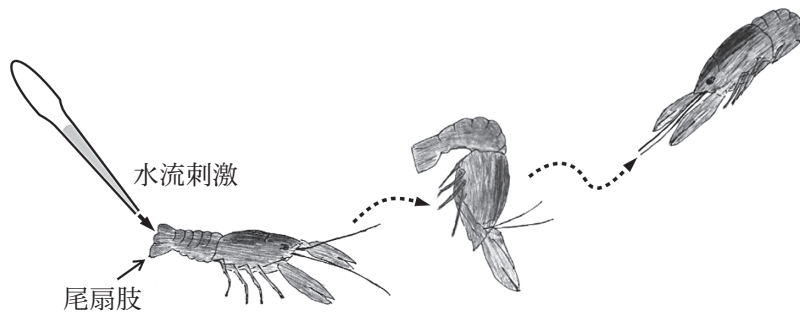


図 1

ザリガニの中樞神経系には、巨大な軸索をもつ介在神経(LG)があり、このLGが興奮すると図1のような逃避行動が起こる。そこで、水流刺激の代わりに、感覚神経を直接、電気刺激したときのLGの応答を記録した。図2のように、生理塩類溶液の中でザリガニの腹部中枢神経系を露出して、LGにガラス管微小電極を刺入したところ、 -50 mV の^(A)静止電位が記録できた。

LGにガラス管微小電極を刺入した状態で、刺激用電極1を使って感覚神経の軸索が通る神経束N1を電気刺激すると、図3のようにLGは脱分極した。この興奮性シナプス後電位の^(B)振幅は、刺激強度に応じて刺激①から刺激②のように大きくなり、閾値に達すると刺激③のように活動電位に変わった。また、刺激③の強度で、N1を1秒間隔で繰り返し電気刺激すると、LGは活動電位を生じなくなった。^(C)次に、刺激用電極2を使い、神経束N2を電気刺激すると、LGはN1を刺激した場合とよく似た応答を示した。^(D)

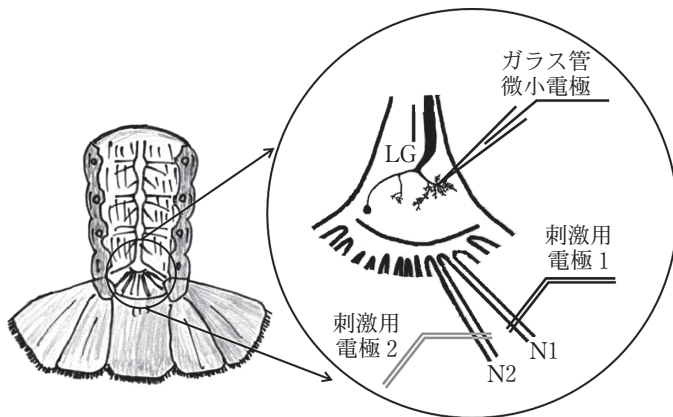


図 2

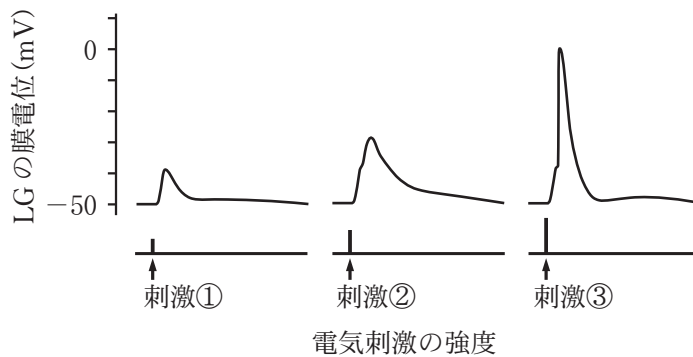


図 3

問 1 空欄 , に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(A)について、次の文章の ～ に当てはまる最も適切な語句を答えなさい。

静止電位は、細胞内外のイオンの濃度差で生じる。 と の移動に着目すると、主に のはたらきで が細胞外に 的に排出され、 が細胞内に取り込まれる。また細胞膜には常に開いている が存在し、一部の は を通って細胞外に漏れ出る。

問 3 下線部(B)について、まず、ザリガニの腹部を通常の生理塩類溶液の中に浸して実験を行った。閾値をわずかに下回る刺激②の強度で神経束 N1 を電気刺激すると、LG は常に一定の振幅の興奮性シナプス後電位を発生した。次に、生理塩類溶液を、通常のものから、カルシウムイオンの濃度を 10 % に減らした塩類溶液に置換することで、細胞外液のカルシウムイオン濃度が通常の 10 % に減った状態で実験を行った。この状態で、刺激②の強度で神経束 N1 を電気刺激する実験を行うと、LG で記録される興奮性シナプス後電位の振幅は小さくなった。なぜこのようなことが起こるのか、その理由を 50 字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 4 下線部(C)の状態になると、同じ強度で電気刺激を繰り返しても LG は活動電位を発生しなかった。この現象は、刺激に対する感覚神経の応答が変化したことにより LG が活動電位を発生しなくなったと考えることで説明可能である。このように仮定した場合は、感覚神経にはどのような変化が起きたと考えられるか、40 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 5 下線部(D)に関して、神経束 N1 及び N2 を刺激する強度をそれぞれ閾値以下にして、神経束を片方ずつ電気刺激すると、それぞれに対して LG は興奮性シナプス後電位を発生する。ところが、神経束 N1 と N2 を同時に刺激すると、LG は活動電位を発生した。このように、神経束 N1 と N2 を刺激する強度はどちらも閾値以下であるにもかかわらず活動電位が発生した理由を 20 字以内で答えなさい。ただし、句読点も字数に含める。

Ⅳ 次の文章を読んで、問 1 ～ 5 に答えなさい。(配点 19 点)

生物の分布は、約 40 億年前の誕生以降、長期にわたって水中に限定されていた。生物の陸上進出を可能にしたのは、地球の大気組成の変化である。約 27 億年前以降に繁栄したとされるシアノバクテリアなどの ア を行う生物によって、大量に放出された酸素が大気中に蓄積したことで、オルドビス紀までには安定した イ の形成がみられ、生物の陸上への進出を促進したと考えられている。

オルドビス紀に、まず植物が陸上へ進出したと考えられている。シルル紀には、 ウ を持つシダ植物が誕生した。デボン紀において ウ 植物の多様化がみられ、裸子植物も出現している。最も遅く出現した被子植物は、白亜紀初期までには誕生していたと考えられている。被子植物の多様化やそれに伴う分布の拡大^(B)は、白亜紀に始まり、新生代に入っても続いた。被子植物は、現在では最も繁栄する生産者として陸上生態系を支えている。

一方、動物においては、デボン紀に、節足動物の陸上での多様化がみられ、昆虫はこの時期に出現した。石炭紀には、飛翔力を持った昆虫が現れている。脊椎動物においても、デボン紀末に魚類の一部から原始的な両生類が誕生し、石炭紀には両生類からハ虫類が進化した。ハ虫類は、三畳紀以降から白亜紀まで大いに繁栄し、^(C)陸上のみならず海中や空中へと多様な生息環境へ分布を広げた。三畳紀には エ と哺乳類が誕生したが、中生代になると、陸上では エ が繁栄した。小型 エ の一部から オ が進化した。白亜紀末における大型の^(D) エ などのハ虫類の大量絶滅後、新生代に入ると、陸上や海中、空中において哺乳類や オ が急速に繁栄した。

問 1 空欄 ア ～ オ にあてはまる最も適切な語句を答えなさい。

問 2 下線部(A)について、イチョウおよびソテツの受精様式と、マツやスギなどの針葉樹類の受精様式の違いを答えなさい。

問 3 下線部(B)について、以下の問(1)、(2)に答えなさい。

(1) 被子植物のつける花は、基本的に 4 つの花器官から構成される。これらの花器官の形成は、3 つのクラスの遺伝子(群)で調節されていることが明らかになっている。花器官の形成に関する分子機構モデルは、ABC モデルと呼ばれている。ABC モデルで説明される 4 つの花器官の形成のしくみを、120 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

(2) 被子植物の多様化や繁栄は、陸上動物との共生関係によって促進されたと考えられている。被子植物は、陸上動物とどのような共生関係をもったことで多様化し、繁栄したと考えられるか、60 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

問 4 下線部(C)について、中生代に繁栄した後、白亜紀末までに絶滅し、現在はみられないハ虫類の仲間を 2 つ答えなさい。ただし、 は の仲間の 1 つとされることがあるため、 は含まないこととする。

問 5 下線部(D)について、この大量絶滅と哺乳類の多様化がどのように関係したと考えられるか、50 字以内で説明しなさい。ただし、句読点も字数に含める。

地 学

- I ある崖に図1に示す地層が露出していた。この露頭に関する以下の説明と解説を読み、問1～4に答えなさい。なお、この地層断面は奥行き方向にそのまま続くものとする。(配点 25 点)

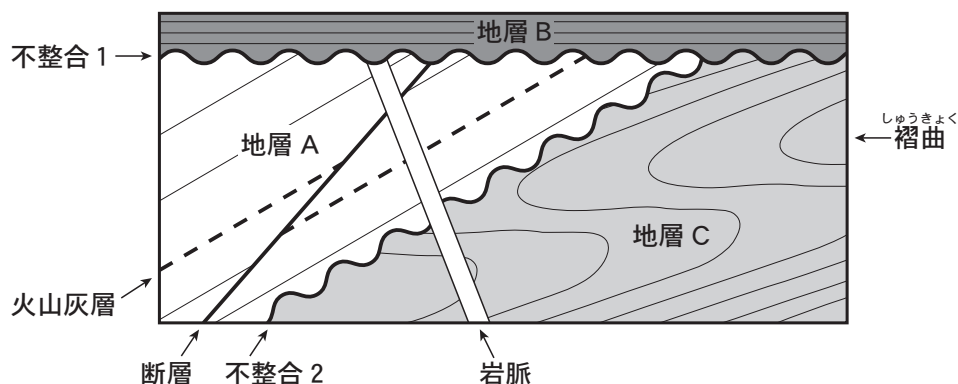


図1

<説明>

地層 A は浅海性の堆積岩からなり、広域に分布する特徴的な火山灰層を含む。
地層 B は湖沼性の堆積物である。地層 C は結晶片岩からなり、内部に ^{しゅうきよく} 褶曲 が発達している。岩脈は安山岩からなる。

<解説>

地層 A に含まれている火山灰層のように、広い範囲の地層を対比することに役立っている地層を ア という。安山岩の岩脈は イ が地層に貫入して冷え固まったものである。また、この露頭の断層のようなずれの方向を持つ断層を ウ という。

地層 C は、以下のようにして形成されたと考えられる。地球の表層を覆う海洋プレートは、エ で生成され、長い時間をかけて移動し、沈み込み帯で地球内部へと沈み込んでいる。このような場所では、沈み込むプレートがもう一方のプ

プレートに押し付けられて、一部が剥ぎ取られて が形成されることがある。沈み込み帯の深部では、温度と圧力の上昇に伴い、含まれる鉱物の再結晶や結晶構造の変化が起こる。このように岩石が、地下の温度圧力条件で安定な鉱物からなる岩石に変化する現象を という。 を受けた地域でよく見られる岩石には結晶片岩の他に がある。

問 1 文中の空欄 ～ に入る適切な語句を答えなさい。

問 2 この露頭では地層 B が最後に形成されている。その他の地層 A, 地層 C, 断層, 岩脈, ^{しゅうきよく} 褶曲, 不整合 1, 不整合 2 を形成された順に並べなさい。

問 3 地層 B と岩脈の古地磁気方位(過去の地磁気の方向)を測定することにした。堆積物と火成岩が残留磁気を保持する仕組みをそれぞれ説明しなさい。

問 4 日本列島、特に西南日本では、細長く帯状に分布する地質体の形成年代が日本海側から太平洋側へ向かって新しくなる傾向がある。このような傾向が見られる理由を、フィリピン海プレートとユーラシアプレートという語句を用いて答えなさい。

Ⅱ 次の文章を読んで、問 1～5 に答えなさい。(配点 25 点)

地球表層の水の総量は約 1.4×10^{21} kg と見積もられ、その % 以上が海洋に存在する。海洋に存在する水を海水、陸上に存在する水を陸水と呼ぶ。陸水の大部分は として存在し、次に が多く、これらに比べれば として存在する水は、量としてはずっと少ない。

地球表層の水として大気中に水蒸気や雲粒として存在する水もあり、その量は 1.3×10^{16} kg と見積もられている。これは、地球表層の水の総量のわずか 0.001% 程度にすぎず、水の蒸発と降水を頻繁に繰り返している。海洋全体でみると蒸発量が降水量を上回っている。その余剰分は陸上での降水を増やし、河川などにより再び海洋に戻っている。このように地球表層の水は、氷・水・水蒸気と状態を変えながら自然界を循環している。

問 1 空欄 に入る最も適切な数字を以下から選び、A～D の記号で答えなさい。

- A) 25 B) 45 C) 67 D) 97

問 2 空欄 , , に入る適切な語句の組合せを、以下の A～F の中から 1 つ選び、記号で答えなさい。

- | | | |
|--------------|-----------|-----------|
| A) イ：河川水や湖沼水 | ウ：地下水 | エ：氷床や氷河 |
| B) イ：河川水や湖沼水 | ウ：氷床や氷河 | エ：地下水 |
| C) イ：地下水 | ウ：河川水や湖沼水 | エ：氷床や氷河 |
| D) イ：地下水 | ウ：氷床や氷河 | エ：河川水や湖沼水 |
| E) イ：氷床や氷河 | ウ：地下水 | エ：河川水や湖沼水 |
| F) イ：氷床や氷河 | ウ：河川水や湖沼水 | エ：地下水 |

問 3 水の蒸発や降水に伴う熱輸送は、地球表層における熱輸送のかかなりの部分を担っている。以下のA～Cは、このことについて関連することがらを述べたものである。この中から内容に明らかな誤りを含む文を1つ選び、記号で答えなさい。

- A) 水が蒸発するときには周囲から蒸発熱を奪い、水蒸気が凝結して雲を作る際には潜熱を放出する。
- B) 水の蒸発や降水に伴う大気への熱輸送があるために、太陽放射を受ける地表の温度変化は小さくおさえられている。
- C) 太陽放射により暖められた地表から大気へ熱伝導により移動する熱輸送量は、水の蒸発や降水に伴う熱輸送の量に比べて大きい。

問 4 海洋と陸上における1年間の降水量は、それぞれ 3.9×10^{17} kg, 1.1×10^{17} kg と見積もられている。地球表層における水の循環において、水が大気中に滞留する平均の日数を計算により求めなさい。ただし有効数字は1桁とし、計算の過程がわかるように解答欄に示しなさい。

問 5 水が海洋に滞留する時間は、問4で考えた大気中に滞留する時間に比べてはるかに長く1000年程度と考えられている。こうした長い時間をかけて海水が海洋を循環するしくみについて述べた次の文章を読み、空欄 オ , カ , キ に入る適切な語句を答えなさい。

海洋表層を水平方向に循環する強い流れとして、海上を吹く風によって生じる オ がある。一方、海洋深層の流れはそれに比べるときわめて遅い。これは、深層海水の移動が、海洋表層から深層へ沈み込む海水に押し出されることによって起こるためである。このような海洋の鉛直方向の流れは、水温や塩分の違いに基づく海水の密度差によって引き起こされ、カ 循環と呼ばれる。現在の地球で、海洋表層から深層への沈み込みが起こっているのは キ などの海域に限られている。

Ⅲ 次の文章を読んで、問 1 ～ 3 に答えなさい。(配点 25 点)

ジョン・ミッチェルは 1784 年に出版された論文の中で、太陽と同じ密度で半径が 500 倍の天体からの光は我々に届かないだろうと述べている。^(A)これがブラックホールの概念が公に記された、知られている限り最古のものである。この計算にはニュートン力学が用いられていたが、正確な計算はアルバート・アインシュタインの一般相対性理論の完成により可能になった。

現在、ほとんど全ての銀河には一般的な恒星の質量を遥かに上回る、太陽の質量の数百万倍から数百億倍にもなる超大質量ブラックホールが存在していると考えられている。我々の住む天の川銀河(銀河系)も例外ではなく、その中心に超大質量ブラックホールを有していると考えられている。天の川銀河では 1970 年代に電波干渉計を用いた観測により、いて座の方向に強くコンパクトな電波源、いて座 A* (SgrA*) が見出された。^(B)いて座 A* は天の川銀河中心部にある超大質量ブラックホールに付随していると考えられ、1990 年代には近赤外線を用いた大型望遠鏡によるいて座 A* 周辺のモニター観測が始まった。大型望遠鏡による近赤外線観測ではいて座 A* 周辺の複数の恒星の位置を精密に測定することができる。現在 100 個程度の恒星の運動がモニターされていて、特に周期が短い恒星についてはその軌道が正確にわかっている。^(C)そしてそれらによって、恒星の運動している領域より内側に含まれる質量が、極めて大きいことが示された。

2020 年のノーベル物理学賞は、ブラックホールに関する研究をした研究者 3 名に贈られた。そのうち 2 名は、天の川銀河中心部の大質量かつコンパクトな天体を発見したラインハルト・ゲンツェルとアンドレア・ゲーズである。

問 1 下線部(A)に関連した次の問いに答えなさい。

物体が、ある天体の表面から出発しその重力を振り切り無限遠方まで到達することのできる最小限の速度を脱出速度という。式で表すと次のようになる。

$$v_{\text{esc}} = \sqrt{\frac{2GM}{R}}$$

ここで v_{esc} は脱出速度の大きさ、 M と R は天体の質量と半径、また G は万有

引力定数である。今、太陽と同じ密度をもち半径が 500 倍大きい天体を考えると、その天体表面からの脱出速度が光速 (3.00×10^5 km/s) を越えることを示しなさい。なお太陽表面からの脱出速度が 6.18×10^2 km/s であることを使ってよい。

問 2 下線部(B)に関連した次の 2 つの問いに答えなさい。

- (ア) 見かけの等級と絶対等級の間には、途中の空間における光の吸収の効果も考慮すると、

$$m_{\lambda} - M_{\lambda} = 5 \log_{10} d - 5 + A_{\lambda}$$

という関係がある。ここで m_{λ} は見かけの等級、 M_{λ} は絶対等級、また d は天体までの距離 (pc 単位；pc = パーセク) である。吸収の効果は等級で A_{λ} と表される。天の川銀河の中心部に見つかったある天体の、ある近赤外線波長域での見かけの等級を 14 等級、絶対等級を -3.0 等級、吸収による減光を 2.5 等級とする。このとき、この天体までの距離を有効数字 1 桁で求めなさい。常用対数の計算には以下の表を参照してよい。

$\log_{10} x$	x
0.1	1.26
0.2	1.58
0.3	2.00
0.4	2.51
0.5	3.16
0.6	3.98
0.7	5.01
0.8	6.31
0.9	7.94
1.0	10.0

- (イ) 天の川銀河の中心部を可視光で観測するには困難がある。これはどのような理由によるかを簡単に述べなさい。

問 3 下線部(C)に関連した以下の問いに答えなさい。

いて座 A* 周辺で長期間モニターされている恒星に S2 と呼ばれるものがある。この S2 は、これまでの精密観測により近点距離 120 au (au = 天文単位)、離心率 0.88、周期 16 年の楕円軌道を持つことが知られている。S2 が超大質量ブラックホールの重力のもとで運動しているとして、このブラックホールの質量が太陽質量の何倍になるかを有効数字 1 桁で求めなさい。計算にあたっては、ケプラーの第三法則を適用し、かつ超大質量ブラックホールの質量は S2 よりも十分大きいとみなしてよい。また計算の過程を必ず示しなさい。

(令 6 前)

問 題 訂 正

理科（生物）

訂正箇所	20 ページ 大問Ⅱ 問 3 （2） 問題文の末尾に以下の文を追加。
誤	・・・ただし,句読点も字数に含める。
正	・・・ただし,句読点も字数に含める。 なお,図 1 ・ 図 2 の mRNA 配列の最初の AUG を開始コドンとする。