

平成 21 年度 入学試験問題 (前期日程)

理 科

物 理	1 ページから	9 ページまで
化 学	10 ページから	15 ページまで
生 物	16 ページから	20 ページまで
地 学	21 ページから	25 ページまで

注 意 事 項

1. 受験番号を解答用紙の所定の欄(1か所または2か所)に記入すること。
2. 解答はすべて解答用紙の所定の欄に記入すること。

物 理

- 1 以下の文章中の に最も適切な数値、数式、語句、または選択肢の記号を記入せよ。(40点)

問 1 直線運動をしている物体の速度 v と時間 t に図 1—I の関係があるとき、それに対応する位置 x と時間 t の関係を表しているグラフは図 1—II の (1) (ア), (イ), (ウ), (エ) である。

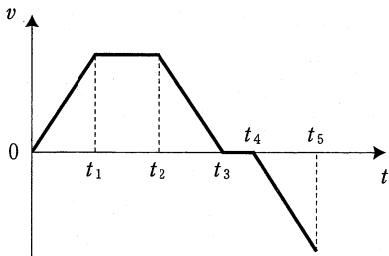


図 1—I

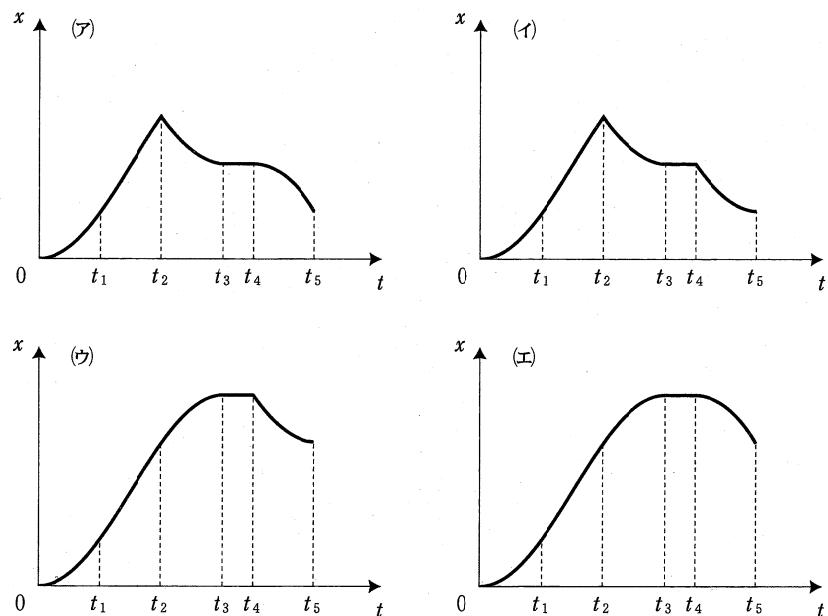


図 1—II

問 2 図 1—III のように、右向きに一定の加速度 $a (> 0)$ の等加速度直線運動をするバスの中でボールを静かに放した(空気抵抗は無視できるものとする)。このとき、バスの中の人にはボールが図 1—III の矢印 (2) (ア), (イ), (ウ), (エ), (オ) のように落下して見える。これは、ボールに重力の他に (3) という見かけの力がはたらいているためである。

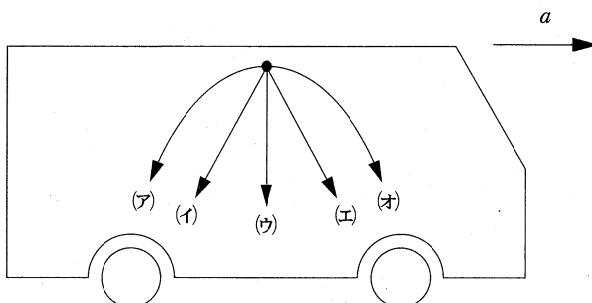


図 1—III

問 3 電気量 $Q (> 0)$ の点電荷を中心とする半径 r の球面を考え、この球面全体を貫く電気力線の本数を N とする。一方、電気量を 2 倍にし、さらに球面の半径も 2 倍にしたときの球面全体を貫く電気力線の本数を N_1 とする。このとき、

- | | |
|-------------------------|---------|
| (ア) $N_1 = \frac{N}{2}$ | の関係がある。 |
| (イ) $N_1 = N$ | |
| (ウ) $N_1 = 2N$ | |
| (エ) $N_1 = 4N$ | |

問 4 一様な磁場(磁界)の中で 1巻きの円形コイルを周期 T で回転させたとき、コイルを貫く磁束が図 1—IV のように時間変化した。このとき、コイルに発生する起電力 V の時間変化は図 1—V の (ア), (イ), (ウ), (エ) で表される。ただし、コイルを貫く磁束を増やすように電流が流れるときの起電力を正とする。また、コイルを周期 T で同じように回転させたとき、起電力の最大値を 2 倍にするためには、コイルの半径を (6) 倍にすればよい。

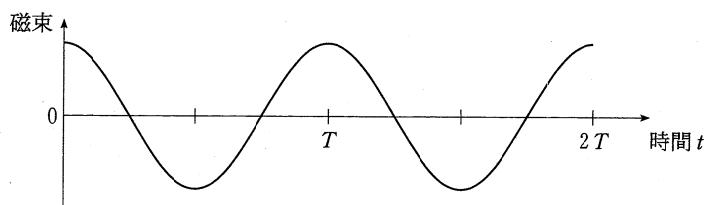


図 1—IV

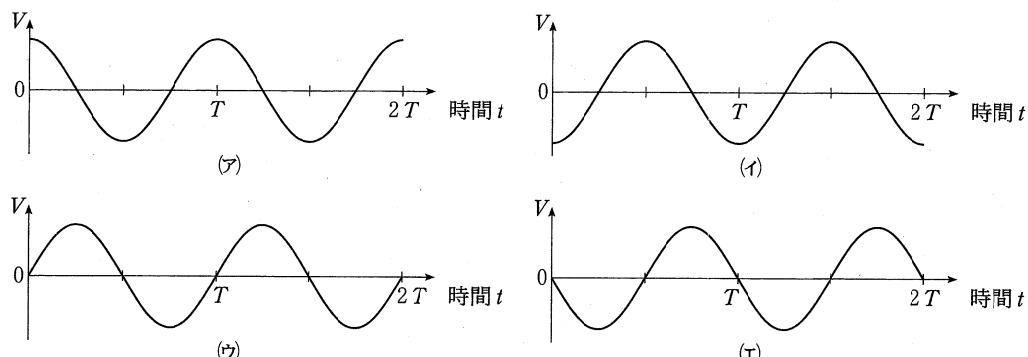


図 1—V

問 5 断熱材で囲まれた容器に 80°C のお湯 20 kg が入っている。このお湯に 20°C の水を混ぜて 40°C にするには、 20°C の水 (7) kg が必要である。ただし、容器など、周囲との熱の出入りはないものとする。

問 6 なめらかに動くピストンをもつシリンダーの中に一定量の理想気体を閉じ込め、図1—VIのように、気体の状態をA → B → C → D → Aと変化させて、初めの状態に戻した。

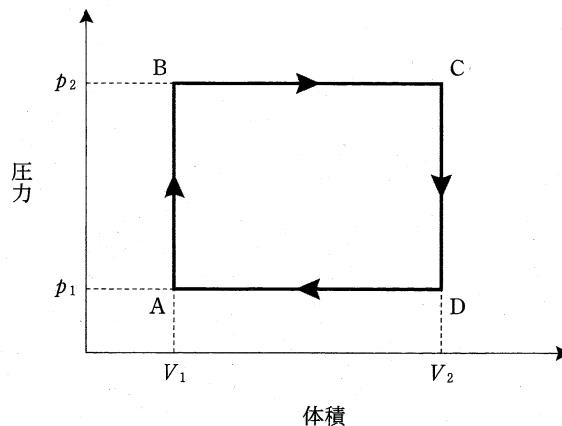


図1—VI

A → B → C → D → A の変化の間に、気体が外にした仕事は、 V_1 , V_2 , p_1 , p_2 を用いて、(8) と表せる。また、気体の温度が上昇する過程は、

- (ア) A → B と B → C
 (イ) A → B と C → D
 (ウ) B → C と D → A
 (エ) C → D と D → A
- である。

問 7 なめらかに動くピストンをもつシリンダーの中に一定量の理想気体を閉じ込め、その状態を変化させた。このとき、断熱変化の最も適切な説明は下記の選択肢の (10) (ア), (イ), (ウ), (エ) であり、等温変化の最も適切な説明は下記の選択肢の (II) (ア), (イ), (ウ), (エ) である。

- (ア) 気体に入る熱量は、気体の内部エネルギーの増加に等しい。
 (イ) 気体に入る熱量は、気体が外にした仕事に等しい。
 (ウ) 気体に入る熱量は、気体の内部エネルギーの増加と気体が外にした仕事の両方に費やされる。
 (エ) 気体が外にした仕事の分だけ、気体の内部エネルギーは減少する。

問 8 時刻 $t = 0$ [s] のときの波形が図 1-VII で表される正弦波がある。 $x = 0$ [m] の点の媒質の振動を観察したところ、

図 1-VII のようであった。このとき、この波の振動数は (12) Hz、速さは (13) m/s である。

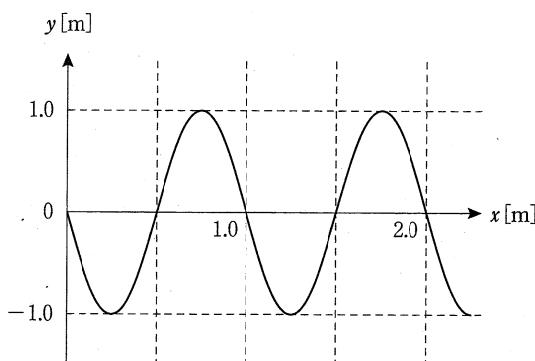


図 1-VII

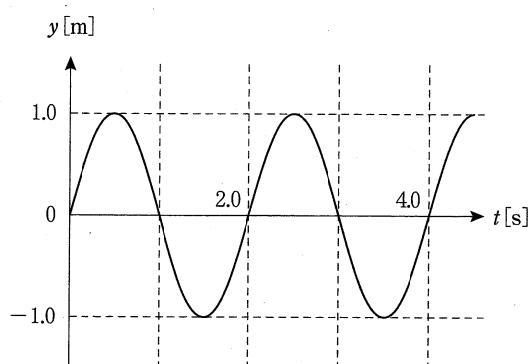


図 1-VIII

問 9 2 つの波源で波長 2 cm の同じ波が同位相で発生している。波源間の距離は 4 cm である。このとき、波源間を結ぶ直線上では、定常波が発生しており、全く振動しない点が (14) 個存在する。このように、波が重ね合わさって、強め合ったり、弱め合ったりする現象を波の (15) という。

問 10 一様な媒質中で静止している観測者に向かって音源が一定の速さで近づくとき、観測者には、音源が静止している時に比べて、音が高く聞こえる。音源が運動していても、媒質を伝わる音波の (a) は変化しない。この場合、音波の (b) が変化しており、その結果として (c) が変化して音が高く聞こえる。

空欄(a)～(c)に入る項目として正しい組み合わせは、

- (ア) (a) 波長, (b) 速さ, (c) 振動数
(イ) (a) 波長, (b) 振動数, (c) 速さ
(ウ) (a) 速さ, (b) 振動数, (c) 波長
(エ) (a) 速さ, (b) 波長, (c) 振動数
- である。

問11 図1—Iのようく、水面下 h のところに光源があり、光源の真上に円板の中心がくるように軽い円板を水面に浮かべた。ただし、円板は光を通さないものとする。また、空気に対する水の相対屈折率を n とする。このとき、円板の半径を大きくしていくと、半径が (17) のとき、空気中のどこからも光源が見えなくなる。このように、屈折光がなくなる現象を (18) という。

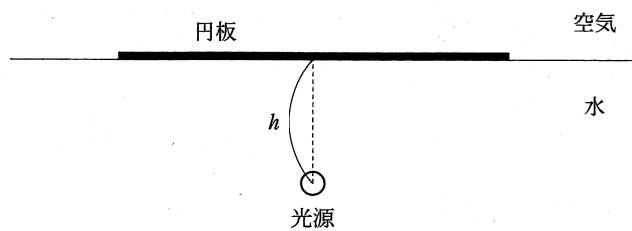


図1—I

問12 図1—Xのように、2枚の厚い平面ガラスを重ね、一方の端に薄い板をはさんで、非常に小さい角のくさび形空気層をつくる。真上から単色光をあて、真上から見たとき、等間隔の明暗の縞模様が観測できた。これは、OA面とOB面で光が反射するためである。

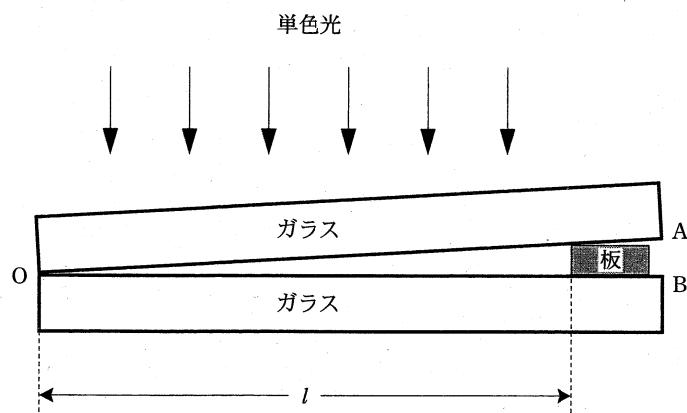


図1—X

ガラスの交線Oでは、暗線が生じていた。

光の空気中の波長を λ_0 とし、交線Oを0番目の暗線としてO点から m 番目の暗線の空気層の厚さを d_m とすると、 $d_m = \boxed{(19)}$ であり、隣の $m+1$ 番目の暗線の空気層の厚さを d_{m+1} とすると、 $2d_{m+1} - 2d_m = \lambda_0$ である。暗線から隣の暗線までの間隔を Δx とし、ガラスの交線Oより板をはさんだところまでの長さを l とすると、板の厚さは λ_0 を用いて (20) と表される。

2

図2—Iのように、水平面PRから傾斜角 θ の摩擦のないなめらかな斜面PQ上にばね係数 k のばねの一端を固定した。このばねの他の端に、質量 m の小物体を静かに置くと、ばねは l_0 だけ縮んで静止した。ばねの質量は無視できるものとし、以下の各問に答えよ。ただし重力加速度は g とする。(30点)

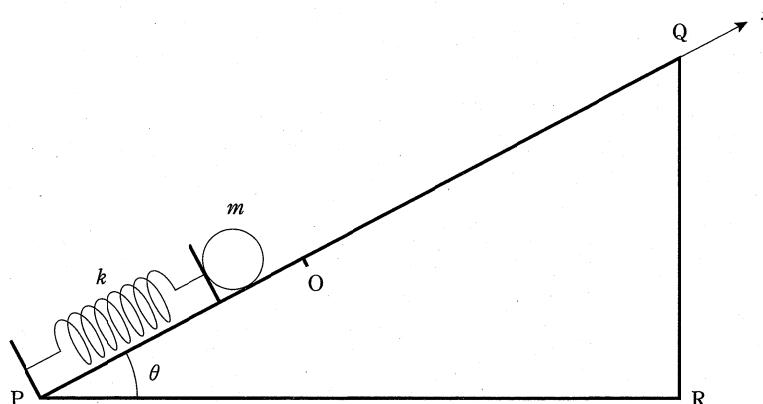


図2—I

問1 静止している状態での弾性力による位置エネルギー E を求めよ。

問2 小物体が静止している状態での斜面に平行な方向の力のつり合いの式を g , k , l_0 , m , θ を用いて表せ。

問3 小物体に力を加えて斜面上を静かに移動させ、ばねがつり合いの状態からさらに l_1 だけ縮んだところで静止させた。

- (1) 重力による位置エネルギー U の変化の大きさ ΔU を求めよ。また、 U は増加するか、減少するかを答えよ。
- (2) 弹性力による位置エネルギー E の変化の大きさ ΔE を求めよ。また、 E は増加するか、減少するかを答えよ。

問4 次に、小物体に加えていた力を取り去ると、小物体は斜面上を移動し、ばねが自然長になったときにはばねから離れた。

ばねから離れた後的小物体の加速度の大きさ a を求めよ。

問5 ばねが自然長になったときの小物体の位置をOとする。小物体の達する最高点とOの間の距離 d を求めよ。

問 6 小物体に働く力 F と小物体の位置 x の関係は図 2—I の(a)~(f)のどれになるか。ただし、斜面方向に x 軸をとり、斜面上方を x 軸の正の向きとする。また、ばねが自然長になったときの小物体の位置 O を $x = 0$ とする。

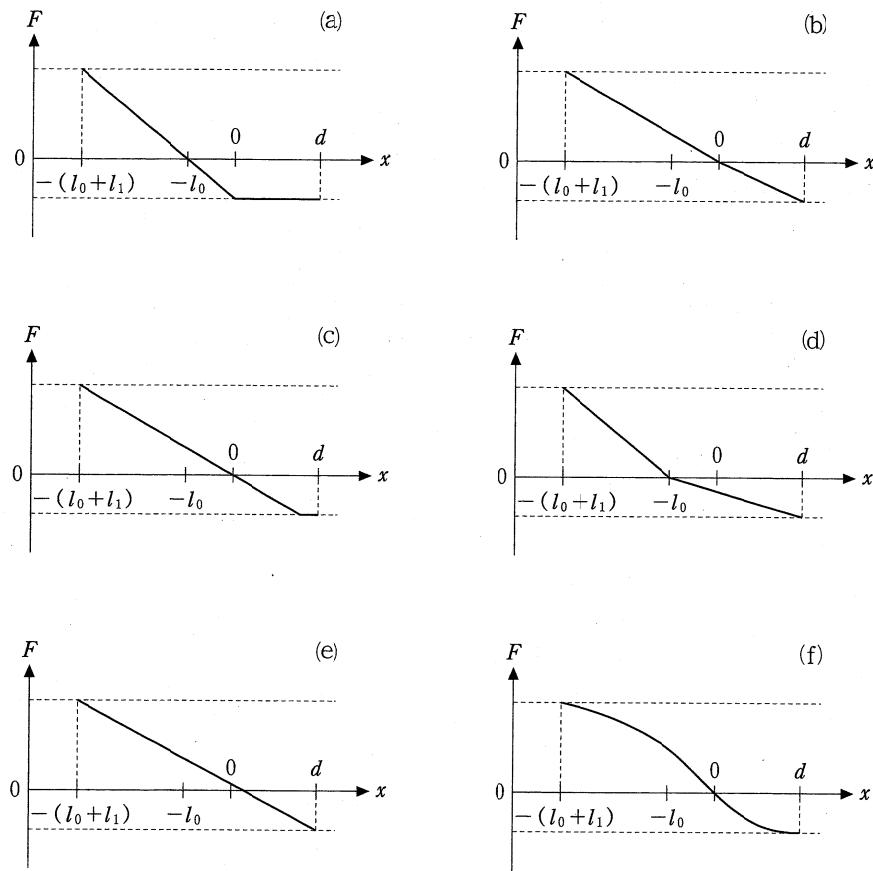


図 2—I

問 7 小物体の速さが最大となるのは、小物体がどの位置にあるときか。

問 8 小物体がばねから離れることなく単振動をする場合の l_1 と l_0 の関係を求めよ。また、このときの単振動の周期 T を求めよ。

3 以下のA, Bの各間に答えよ。(30点)

A 図3—Iのように、電気容量 C_1, C_2 の2つの平行板コンデンサー、抵抗値 r の抵抗、太さが一定の均質な抵抗線AB、検流計G、スイッチ S_1, S_2 、起電力 V の電池からなる回路がある。2つのコンデンサーの極板の面積を S 、極板間の距離を d とする。電気容量 C_1 のコンデンサーの極板間には誘電率 ϵ の誘電体が挿入されており、電気容量 C_2 のコンデンサーの極板間は真空(誘電率 ϵ_0)である。抵抗線ABの全抵抗値を R 、AO間の抵抗値を R_0 とする。はじめにスイッチ S_1 と S_2 は開いており、両方のコンデンサーに電荷は蓄えられていない。また、回路をつないでいる導線と検流計の抵抗、および電池の内部抵抗は無視できるものとする。

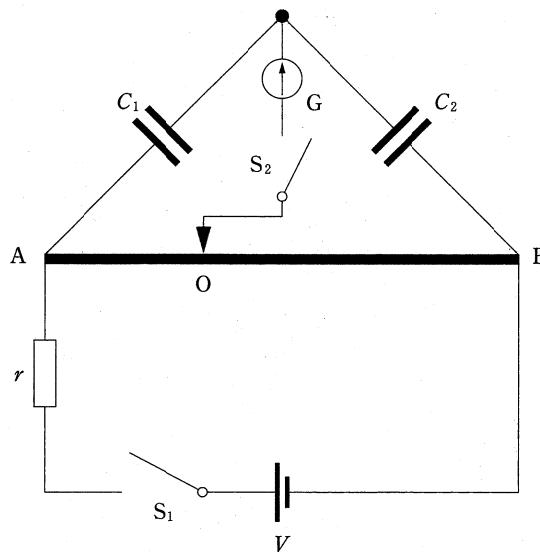


図3—I

問1 コンデンサーの電気容量 C_1 を S, d, ϵ で表わせ。また、 C_1 と C_2 はどちらが大きいか答えよ。

問2 図3—Iのように、直列に接続されたコンデンサーの合成容量 C を C_1, C_2 を用いて表わせ。

問3 スイッチ S_1 を閉じて十分時間が経過した後に、回路に流れる電流 I を求めよ。また、このとき AO間の電位差 V_{AO} と OB間の電位差 V_{OB} を V, r, R, R_0 を用いて表わせ。

問4 スイッチ S_1 を閉じて十分時間が経過した後にスイッチ S_2 を閉じたところ、検流計 G の針は振れなかった。このときコンデンサーの電気容量 C_1 と C_2 の間にどのような関係がなりたつか求めよ。

B 図3-IIのように、真空中の xy 平面内の y 軸に沿って無限に長い導線があり、その導線に電流 I が y 軸の正の方向に流れている。この平面内の x の正の部分に、1辺の長さ a の正方形の1巻きコイルABCDを置く。コイルの辺CDを x 軸と一致させ、コイルを x の正の方向へ一定の速さ v で動かす。導線とコイルの辺ADの間の距離を l として、以下の各間に答えよ。ただし、導線から垂直方向に x だけ離れた点に電流 I がつくる磁場の磁束密度の大きさ B は、真空中の透磁率 μ_0 を用いて、 $B = \frac{\mu_0 I}{2\pi x}$ で与えられる。また、コイルの自己誘導は無視するものとする。

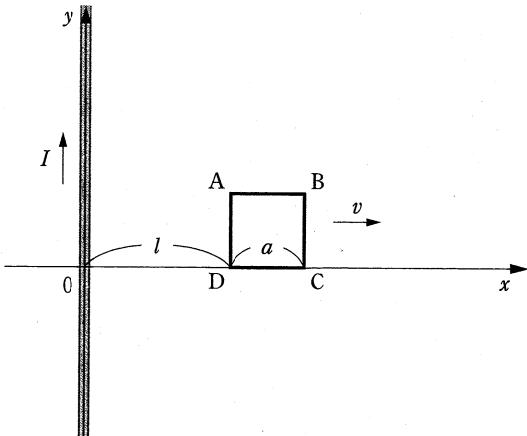


図3-II

問1 電流 I がコイルの中心につくる磁束密度の向きを求めよ。

問2 コイルの辺ADの内部にあり、コイルと同じ速度で運動する電荷 $-e$ ($e > 0$)の電子が、磁場から受けるローレンツ力の大きさ F_{AD} とその向きを求めよ。

問3 微小時間 Δt の間にコイルを貫く磁束の変化 $\Delta\Phi$ を、辺ADと辺BCが横切る磁束から求めよ。ただし、磁束が増える向きを正とする。

問4 コイルに発生する誘導起電力の大きさ V を求めよ。また、この起電力によってコイルに流れる電流の向きを求めよ。

問5 このとき、コイルが受ける力の向きを求めよ。

化 学

必要があれば、原子量は、次の値を使うこと。

$$H = 1.00, C = 12.0, O = 16.0$$

- 1 次の文章を読んで、以下の各間に答えなさい。(17点)

私たちの身のまわりに存在する液体の多くは、純粋な液体にほかの物質が溶け込んだ溶液として存在する。溶質Aを、溶媒Bに溶解させてできる溶液について考える。

溶質Aはモル質量 M_A [g/mol] の固体とする。溶質Aの溶媒Bへの溶解度は温度が高くなるほど大きくなり、20°C および 50°C における溶解度をそれぞれ S_{20} , S_{50} と表すことにする。なお、固体の溶解度は溶媒 100 g に溶かすことのできる溶質の質量 [g] の数値で示される。

溶媒Bに溶質Aを溶解させた溶液の凝固点は、純粋な溶媒Bの凝固点よりも低くなる。このような現象は凝固点降下とよばれ、溶液の性質の1つである。凝固点降下度は、希薄溶液では、溶液の質量モル濃度に比例する。

問 1 一般に溶質がイオン結晶あるいはヒドロキシ基を持つ分子の場合、極性溶媒、無極性溶媒のどちらに溶けやすいか答えなさい。

問 2 質量 W g の溶質Aを 50°C すべて溶解させるには、少なくとも何 g の溶媒Bが必要か。 S_{50} , W を用いて表しなさい。

問 3 溶質Aの 50°C における飽和溶液に関する以下の(1)と(2)を、 M_A , S_{50} を用いて表しなさい。

- (1) 質量パーセント濃度 [%]
- (2) 質量モル濃度 [mol/kg]

問 4 溶質Aの 50°C における飽和溶液 X g を 20°C に冷却すると固体が析出した。

- (1) 何 g の固体が析出したか、 S_{20} , S_{50} , X を用いて表しなさい。
- (2) このとき、20°C の溶液の密度を d_{20} [g/cm³] とすると、溶解している溶質Aのモル濃度 [mol/l] はどのように表されるか。 S_{20} , d_{20} , M_A を用いて示しなさい。

問 5 問 4 のように溶液中に固体が生じた時、この固体を溶液と分離して取り出すために用いる方法を答えなさい。

問 6 溶質Aと溶質A'について、それぞれ同じ物質量の固体を溶媒Bに溶かして希薄溶液とした時、溶質Aの溶液に比べて溶質A'の溶液の凝固点降下度は n 倍であった。溶質A'が電解質であるとすると、その溶液中に溶けている粒子の物質量は、溶かした固体の物質量の何倍になっているか答えなさい。ただし、溶質Aは非電解質とする。

2

次の文章を読んで、以下の各間に答えなさい。(16点)

単体のカルシウムは水と反応して 1 と水酸化カルシウムを生じる。いま二酸化炭素を含まない蒸留水に水酸化カルシウムを溶かして飽和水溶液を作り、つぎの2つの実験を行った。

[実験1]

水酸化カルシウムの飽和水溶液 25.00 ml を正確にとり、これにプロモチモールブルー(BTB)溶液を数滴加えて、
^(a) $2.00 \times 10^{-2} \text{ mol/l}$ の塩酸標準溶液を少量ずつ滴下した。溶液の色が青色から黄色に変化したところを終点とした。終点までに要した塩酸標準溶液の体積は 31.25 ml であった。

[実験2]

水酸化カルシウムの飽和水溶液に二酸化炭素を通じると白色沈殿が生じた。
^(b)さらに過剰に二酸化炭素を通じると、この沈殿は溶解した。
^(c)

問1 1 にあてはまる物質名を答えなさい。

問2 中和反応を利用した[実験1]のような一連の操作を何と呼ぶか答えなさい。また[実験1]の酸と塩基の中和反応を化学反応式で書きなさい。

問3 下線部(a)は、中和反応の際に生じる急激なpH変化を色調の変化として捉えることにより、中和点を知るためにものである。このような溶液を一般に何と呼ぶか答えなさい。

問4 水酸化カルシウムの飽和水溶液中に含まれるカルシウム濃度(mol/l)およびpHを計算しなさい。ただし、水のイオン積は 1.00×10^{-14} , $\log 4.00 = 0.6$, $\log 2.50 = 0.4$, 水酸化カルシウムの電離度は 1.00 とする。

問5 下線部(b)の沈殿を約 900 °C で強熱すると、分解して二酸化炭素と酸化物になる。この酸化物は何か、化学式で答えなさい。

問6 下線部(c)の反応を化学反応式で書きなさい。

3 芳香族化合物に関する次の文章を読んで、以下の各間に答えなさい。(17点)

アセチレンを赤熱した鉄に触れさせると、3分子が付加重合して [ア] が生じる。[ア] に硫酸を加えて加熱すると [イ] が生じる。[イ] に水酸化ナトリウムを加えて加熱融解するとナトリウムフェノキシドが生成される。このナトリウムフェノキシドを水に溶かして二酸化炭素を通じると [ウ] が得られる。ナトリウムフェノキシドに高温・高圧⁽¹⁾のもとで二酸化炭素を反応させて得られる化合物のナトリウム塩を希硫酸で処理すると [エ] が得られる。

(2) [エ] を無水酢酸と硫酸を作用させてアセチル化したものはアスピリンと呼ばれ解熱鎮痛剤に用いられる。一方、[エ] をメタノールと濃硫酸を作用させてエステル化したものは外用湿布剤に用いられる。

(3) 上述したアスピリンの合成経路は一般的な方法であるが、ある実験室では、下線部(1)の操作で必要な装置を持っていなかったため別経路でのアスピリン合成を行った。つまり、塩化アルミニウム触媒存在下、[ア] に塩化メチルを反応させるとトルエンが得られた。トルエンに濃硫酸と濃硝酸の混合物を加えて加熱するとオルトの位置の水素原子が置換された[オ] とパラの位置の水素原子が置換された[カ] が生じた。トルエンを KMnO₄ で酸化すると [キ] を生じることが知られている。同様に [オ] を KMnO₄ で酸化すると [ク] が生じた。[ク] をスズと濃塩酸を加えて還元したものに塩基を加えて中和すると [ケ] が生成した。[ケ] の希塩酸水溶液を 5°C 以下に冷やしながら亜硝酸ナトリウム水溶液を加えると [コ] が生じた。[コ] に水を加えて加熱するとアスピリンの原料となる [エ] が得られた。

問 1 文章中の空欄 [ア] ~ [コ] に適する芳香族化合物の構造式を書きなさい。

問 2 文章中の空欄 [イ] , [ウ] および [キ] の芳香族化合物を水に溶かすといずれも酸性を示す。同じモル濃度のこれらの芳香族化合物の水溶液を比べた場合、酸性の強い順に並べ、記号で答えなさい。

問 3 下線部(2)の反応を化学反応式で書きなさい。

問 4 下線部(3)の反応を化学反応式で書きなさい。

問 5 10.0 g のアスピリンを完全燃焼させた際に生成する二酸化炭素と水はそれぞれ何 g か答えなさい。

問 6 下線部(3)の反応は可逆反応であり、一定時間後に平衡状態になる。1 mol の [エ] を用いて効率よくエステルを生成させるためには下線部(3)の化学反応式の中で何を過剰に用いればよいか化合物名で答えなさい。

4

次の(ア)～(ケ)の文章を読んで、以下の各間に答えなさい。(17点)

- (ア) 元素①～⑦は下記の元素のどれかに該当する。
- 塩素、炭素、マグネシウム、ヨウ素、カルシウム、臭素、ナトリウム、フッ素、銅、窒素
- (イ) 元素①、②、③、④の単体は金属である。元素①だけは炎色反応を示さない。
- (ウ) 元素①、②のイオンの電子配置は同じである。
- (エ) 元素②、③は冷水と激しく反応するが、元素①、④は反応しない。
- (オ) 元素⑤、⑥、⑦の単体は非金属である。
- (カ) 常温・常圧において元素⑤、⑥の単体は気体であり、元素⑦の単体は分子結晶である。
- (キ) ヨウ化カリウムとデンプンを溶かした水溶液に元素⑤の単体を導入すると、水溶液は青紫色を呈する。
- (ク) 元素⑤の水素化合物の水溶液は強酸性であるが、元素⑥の水素化合物の水溶液は弱酸性である。
- (ケ) 元素⑥の単体は水と激しく反応して O_2 を生じる。

問 1 元素①～⑦を元素記号で答えなさい。

問 2 元素①～⑦の内、アルカリ金属、アルカリ土類金属、第2周期に属するものを番号で答えなさい。

5

アルミニウム、鉛、銅に関する次の文章を読んで、以下の各間に答えなさい。(17点)

アルミニウムの単体は軽くてやわらかいという物理的性質や、常温で水と反応せず、空气中では表面に緻密な酸化被膜を形成して内部を 1 するので 2 を防ぐことができる、という化学的性質をもち、家庭用品や建築用の材料として広く使用されている。ただし、アルミニウムの単体は塩酸や水酸化ナトリウム水溶液とは反応する。^(a) アルミニウムと少量の銅との 3 ^(b) はジュラルミンとよばれ航空機の材料として用いられる。硫酸アルミニウムと硫酸カリウムを等量ずつ加えた水溶液から得られる水和物の結晶はミョウバンといい、複塩である。^(c) ミョウバンは染色の媒染剤や水の浄化剤などに使用される。

鉛は自動車用の代表的な二次電池である鉛蓄電池の電極材料として使用されている。鉛蓄電池は電極(活物質)となる鉛及び酸化鉛(IV)と電解質液の希硫酸から構成され、放電すると負極では活物質が酸化され、正極では活物質が還元される。鉛の単体は 4 線を吸収する性質をもつて原子炉などの遮蔽材料としても用いられている。^(d)

銅の単体は 5 伝導性と 6 伝導性が銀について優れ、展性や延性も大きいので、6 材料として広く用いられる。銅は様々な金属と 3 をつくる。銅とスズとの 3 ^(e) は青銅(ブロンズ)、銅と亜鉛との 3 は黄銅(真ちゅう)とよばれ、銅の単体に比べて硬い。硫酸銅(II)の水溶液に少量のアンモニア水を加えると青白色の沈殿が生じる。この青白色の沈殿は加熱により黒色の化合物に変化し、この化合物はガラスや陶磁器の着色やうわぐすり等に使用される。また、青白色の沈殿はアンモニア水を加えると溶けて深青色の水溶液となる。この深青色の水溶液中で銅イオンは錯イオンを形成して存在する。この深青色の水溶液はセルロースを溶解するので繊維の製造に使われる。^(f)

問 1 1 ~ 6 に最も適切な語句を記入なさい。

問 2 下線部(a)の物質を化学式で表しなさい。

問 3 下線部(b)の反応を化学反応式でそれぞれ表しなさい。

問 4 下線部(c)の結晶を水に溶かしたとき生じるイオンをイオン式で答えなさい。

問 5 下線部(d)の鉛蓄電池を放電させたとき、負極、正極それぞれで起こる反応を電子を用いた式で表しなさい。また、負極、正極の各電極の質量は、増加するか、減少するか、変化がないか、いずれであるかを答えなさい。

問 6 下線部(e)の反応を化学反応式で表しなさい。

問 7 下線部(f)の錯イオンをイオン式で表しなさい。また、錯イオンを形成する結合を答えなさい。

6 官能基に関する次の文章を読んで、文中の [1] ~ [16] に入る適切な語句を答えなさい。(16 点)

分子中に-COOH をもつ有機化合物を [1] という。第一級アルコールを酸化すると、[2] を経て [1] になる。[1] から多くの官能基が誘導される。例えば、アルコールと縮合すると [3]、アミンと縮合すると [4]、二つの [1] から水1分子がとれて結合すると [5] になる。[1] の性質としては、二分子が会合して二量体になることや、炭素数の少ないものでは水に溶けて [6] を示すことなどがある。この水溶液に炭酸水素ナトリウムを加えると、[7] が発生する。エステルを塩基で加水分解することを [8] と言い、油脂(グリセリド)からは、[9] と [10] ができる。[10] を強酸で処理すると [1] が生成する。このようにして油脂から生成した [1] のうち、炭素原子間に二重結合を含むものを [11]、含まないものを [12] という。[1] は身近にも多く、アリやハチの毒に含まれる [13]、タンパク質の構成単位の [14]、6,6-ナイロンの原料の [15]、ペットボトルの原料の [16] などがある。

生物

1 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(26点)

ウニは 1 動物門に含まれる海産の無脊椎動物で、沖縄のサンゴ礁にもラッパウニやシラヒゲウニなど様々な種のウニが暮らしている。古くからウニの配偶子は発生の研究に用いられてきた。ウニには雄と雌があり、それぞれが海水中に精子と卵を放出する。水中で受精したウニの胚は 2 をえさとする 3 幼生と呼ばれる幼生期を経て、稚ウニに変態する。水槽で複数のウニを飼育していると、1個体のウニが配偶子を放出することで他個体の配偶子の放出が誘発されることがしばしば起る。

夏休みのある日、ツヨシさんは海岸で平たい円盤形の殻をたくさん拾った(図I)。図鑑で調べたところ、これはカシパンと呼ばれるウニの仲間の殻であることがわかった。いろいろな大きさの殻を比べたところ、ほとんど丸い殻と、やや縦長の殻があることに気がついた。この中には2種類のウニが混ざっているかも知れない。これを確かめるには、殻の形を数値で示す必要だと考えたツヨシさんは、殻の最も長い部分の長さ(長径)と、最も短い部分の長さ(短径)を計った。ツヨシさんは長径と短径の差で殻の形を表せると思ったが、よく考えるとこれは誤りであることに気がついた。



図I ツヨシさんが拾ったウニの殻の一つ

問1 文章中の 1 ~ 3 に入る適切な語句を記入しなさい。

問2 1 動物門に含まれる動物を以下の(ア)~(コ)よりすべて選び記号で答えなさい。

- | | | | | |
|---------|-----------|----------|-----------|-------------|
| (ア) ゴカイ | (イ) ナマコ | (ウ) ウミウシ | (エ) プラナリア | (オ) イソギンチャク |
| (カ) ヒトデ | (キ) ゾウリムシ | (ク) カイメン | (ケ) ダンゴムシ | (コ) クシクラゲ |

問3 ウニ、ヒドリ、二枚貝、カエルのそれぞれについて、以下の(ア)~(コ)のうち、あてはまるものに○、あてはまらないものに×を記入しなさい。

- | | | |
|-----------------|-------------------|----------------|
| (ア) 海にしか生息しない | (イ) らせん卵割をするものがある | (ウ) 出芽をおこなう |
| (エ) 新口動物 | (オ) 脊索をもつ時期がある | (カ) ミトコンドリアをもつ |
| (キ) 原生生物 | (ケ) 消化管の出入り口は一つ | (コ) 二胚葉 |
| (コ) タコと同じ門に含まれる | | |

問4 下線(1)の性質はウニにとってどのような利点があると考えられるか、40字以内で説明しなさい。

問5 下線(2)について、「長径と短径の差」では殻の形が表せない理由を簡単に説明しなさい。

2

効果器および神経系について以下の各間に答えなさい。(24点)

問 1 (a)～(h) の文章で説明される現象や構造をあらわす語句をそれぞれの解答欄に記入しなさい。

- (a) 筋繊維内に多数存在する纖維状の構造
- (b) 骨格筋を1回刺激したときに起こる0.1秒間ほどの収縮
- (c) 時間間隔を詰めて連続的に骨格筋を刺激したときに起こる一続きの大きな収縮
- (d) 興奮が起こる最小限の刺激の大きさ
- (e) 有髓神経纖維のランピエ絞輪だけに興奮が起こる速い伝導
- (f) 神経系を構成する基本単位である細胞
- (g) 軸索の末端が他の神經の細胞に連絡する部位
- (h) 刺胞動物でみられ、神經細胞が網目状に分布しているだけの神経系

問 2 次の語句の内容をそれぞれ60字以内で説明しなさい。

- (1) 静止電位
- (2) 全か無の法則

3 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(26点)

問1 (ア)～(エ) のそれぞれの人たちと最も関係のあるものを (1)～(8) の中から一つ選びなさい。

(ア) ワトソンとクリック (イ) ジャコブとモノー (ウ) 木村資生 (エ) アベリーら

- (1) 独立の法則
- (2) 一つの遺伝子が一つの酵素の合成を支配する。
- (3) 形質転換の原因物質は DNA である。
- (4) DNA の二重らせん構造モデル
- (5) DNA の塩基配列の変化が有利でも不利でもないとする説(中立説)
- (6) 遺伝子は染色体に存在する。
- (7) ファージの増殖を支配する物質は DNA である。
- (8) 調節遺伝子の働き(オペロン説)

問2 表Iを参考にして、以下の伝令 RNA(mRNA)に対応するアミノ酸を翻訳される順番に書きなさい。ただし、左端の塩基から翻訳されるものとする。

AUGGUGGCCACCCUGGUCUGGGCGC

問3 問2に記した伝令 RNAについて、左端の塩基から翻訳が開始されたとしても、番目または番目の塩基がに置換していると、翻訳がそこで止まる。

空欄a～cに適切な数字または文字を記入しなさい。

表I 伝令 RNA の遺伝暗号表

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

問 4 沖縄の海では、様々な生物が観察できる。特に、サンゴ礁では、サンゴやイソギンチャクの多様性が高いことがわかっている。ある日、キヨシさんがサンゴ礁でイソギンチャクの調査を行ったところ、イソギンチャクの1種について、触手の色と長さが異なる、以下の6タイプ(合計1618個体)が採取できた(表Ⅱ)。

表Ⅱ イソギンチャクの調査結果

タイプ	触手の色	触手の長さ	個体数	遺伝子型
タイプ1	紫	長い	317	(ア)
タイプ2	紫	短い	298	(イ)
タイプ3	紫	中間	602	(ウ)
タイプ4	白	長い	87	(エ)
タイプ5	白	短い	104	(オ)
タイプ6	白	中間	210	(カ)

このイソギンチャクの触手の色と触手の長さはそれぞれ1組の対立遺伝子で決まっている。触手の色の優性遺伝子をA、劣性遺伝子をa、また、触手を長くする遺伝子をB、短くする遺伝子をbとした時、それぞれのタイプの遺伝子型をすべて解答欄(ア)～(カ)に記入しなさい。ただし、この触手の色と長さの遺伝はハーディ・ワインベルグの法則に従うものとする。

4

次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(24点)

1億年あまり前に出現した被子植物は、それまで陸上で繁栄していたシダ植物と異なり、種子によって繁殖する。被子植物の茎の頂端部にある成長点は、葉が変形した器官が集合した 1 を形成する。1 の主な構成要素は、雌しべ、2、花弁、がく片である。2 の先端にできる葯の中で1個の3 細胞から減数分裂の後に4 個の花粉ができる。花粉は、動物、風、水などの働きによって雌しべに運ばれる。一方、子房内にあり将来種子となる5 中にある6 母細胞は減数分裂により4個の細胞となるが、3個は退化し、残る1個が6 細胞となる。6 細胞では3回の核の分裂により7 個の核ができ、最終的に8 個の反足細胞、9 個の極核、2個の助細胞と10 個の11 が形成される。雄原細胞と12 を持つ花粉は、雌しべ上部の柱頭につくと、発芽・伸長して13 をつくる。13 内の雄原細胞はさらに核の分裂によって14 個の15 を形成する。13 が16 に達すると、15 は極核および11 のそれぞれと合体して胚乳核と16 をつくる。この現象は17 受精と呼ばれ、被子植物だけに見られる。その後、胚乳核は分裂を続けて18 となり、16 は胚となり、5 は種子として発育する。完成した種子は、動物、風、水、重力などの働きにより、新しい生育地へと運ばれる。被子植物は、シダ植物に代わって地球上の様々な環境に進出し、繁栄をとげている。

問 1 文中の1 ~ 18 に適切な語句または数字を記入しなさい。

問 2 風により運ばれる被子植物の種子または果実は、効率よく運ばるためにどのような特徴を備えているか、植物名を一つあげて説明しなさい。

問 3 裸子植物の一部の種類では、精子により受精がおこなわれる。そのような受精をおこなう植物名を一つあげなさい。

問 4 被子植物で見られる受精は、シダ植物や裸子植物の一部の種類で見られる精子による受精と比べ、どのような点が優れていると考えられるか、40字以内で説明しなさい。

地 学

1 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(25点)

地球環境と生物の歴史は主に、岩石と化石の研究により明らかにされてきた。

とくに、先カンブリア時代は化石の証拠が乏しいだけに、岩石が重要な情報源となる。グリーンランド南部に分布する、

1 億年前に形成されたれき岩や枕状溶岩は、当時、すでに、海と陸が存在したことを示している。また、オーストラリアをはじめとする世界各地に分布し、A と呼ばれる、酸化鉄を主とする鉱床が先カンブリア時代中期に形成された。この酸化鉄は、岩石の風化により生成し、海に流入した鉄のイオンと、海水に溶けこんでいた酸素が結びついたものである。後者の酸素はB によりつくられた。

最古の化石で、C の化石が2 億年前、最古の真核生物の化石が約3 億年前、さらに、原始的な多細胞動物よりなるD 動物群と呼ばれる動物化石が先カンブリア時代末期の地層から発見されている。

化石の産出頻度が高くなるのは、4 億年前に始まる古生代およびそれ以降に堆積した地層においてである。古生代前期には、サンゴのように固着性で大規模な礁をつくるものが現れる一方、遊泳能力が高いE や魚類が出現するなど、水生動物の生活様式が多様化した。大気中の酸素濃度の増大に伴い、大気の上層にF が形成されると、生物の陸上への進出が可能になった。まず、無脊椎動物(節足動物)と植物が陸上に進出した。

陸上植物は、緑藻類から進化したクックソニアなどの植物に始まるが、その後、古生代後半に裸子植物、中生代後半に被子植物と、陸上生活に高度に適応した種子植物が出現した。脊椎動物の陸上への進出は、G 紀に、硬骨魚類から両生類のH が進化する系列で生じた。

地球環境のグローバルな変化は、生物に大きな影響を与えてきた。大陸氷床が発達する氷河時代の到来はその一つである。

(ア) 5 万年前に始まる第四紀は氷河時代で、この間、冰期とI が交互に訪れた。地質時代の特定の時期に生物の種数・個体数が激減する現象が知られており、地球環境の激変により生物の大量絶滅が生じたと考えられている。とくに、(イ) 6 億年前の古生代末、7 万年前の中生代末の大量絶滅は規模の大きなものであった。

問1 空欄1 ~ 7 に当てはまる地質年代の数値を次のa ~ rの中から選び、記号で答えなさい。なお、同じ数値を2回以上用いててもよい。

- | | | | | |
|---------|---------|---------|--------|--------|
| a. 1.8 | b. 2.5 | c. 3.4 | d. 4.4 | e. 4.9 |
| f. 5.4 | g. 12 | h. 21 | i. 30 | j. 35 |
| k. 38 | l. 40 | m. 115 | n. 130 | o. 170 |
| p. 5600 | q. 6500 | r. 6900 | | |

問2 空欄A ~ I に当てはまる語句を答えなさい。

問3 下線部(ア)に関し、化石の産出頻度が高くなるのはなぜか、その理由を述べなさい。

問4 下線部(イ)に関し、両生類が有し、硬骨魚類がない、陸上生活を行う上で有利な特徴を一つ答えなさい。

問5 下線部(ウ)に関し、日本列島で見られる氷期に形成された氷河地形の種類を一つ答えなさい。また、化石の証拠から、氷期に日本列島に進出、または日本列島において分布を広げたと考えられる寒冷な気候を好む動物と植物名を各々一つ答えなさい。

問6 下線部(エ)に関し、古生代末の大量絶滅の後に出現、繁栄し、中生代末の大量絶滅の際に絶滅した動物名を二つ答えなさい。

2 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。(25点)

現在、地球上には6つの主要な大陸が存在する。これら大陸の中央部は安定した場所であり、主に先カンブリア時代に形成された岩石から構成される。このような場所は安定地塊または盾状地と呼ばれ、その地殻の厚さは50kmに達する。ある先カンブリア時代の安定地塊の中で、粗粒な鉱物が縞状に配列した岩石Aや、片理とよばれるはがれやすい組織をもった岩石Bなどの変成岩類が広い範囲にわたって帶状に分布することが明らかとなった。また、詳細な研究の結果、岩石Aの形成温度および圧力は各々、800°C, 3×10^3 atm(0.3億Pa)であることがわかつた。

問1 岩石Aの岩石名を答えなさい。

問2 岩石Aには板状にはがれる黒色の鉱物が観察された。この鉱物名を答えなさい。このように一定方向にはがれたり、割れたりしやすい性質を何というか答えなさい。

問3 岩石Aには黒色鉱物とともに、 Al_2SiO_5 の化学組成をもつ纖維状の鉱物も確認された。この鉱物名を答えなさい。また、この化学組成をもつ鉱物は温度や圧力条件の違いにより結晶構造の異なる鉱物になる場合がある。このような鉱物間の関係を何というか答えなさい。

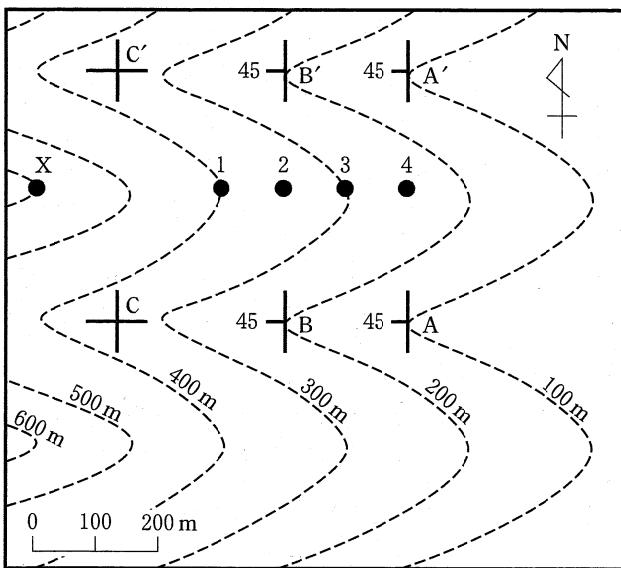
問4 岩石Bは緑色を呈し、岩石自体の SiO_2 の量は約48質量(重量)%であった。この変成岩の一部には急冷した火成岩に見られる組織が残存していた。岩石Bが変成作用を受ける前の岩石名を答えなさい。

問5 岩石Aに含まれるジルコンと呼ばれる鉱物を分離し、ウラン-鉛法を用いて絶対年代の測定を行ったところ、24億年前という結果を得た。ウラン-鉛法を用いて測定した理由を答えなさい。

問6 岩石Aや岩石Bが安定地塊の内部に帶状に認められることに基づき、安定地塊の形成について述べなさい。(150字程度)

- 3 次の文章を読んで以下の各間に答えなさい。なお、 $\sqrt{2} = 1.4$ とする。(25 点)

下の図と文は、ある地域で地質調査をしたときのデータを記した地形図とそのとき観察した地層に関するメモである。図中の波線は等高線を示す。



地点 A と A' : 泥岩(下位)と凝灰岩(上位)との境界。泥岩には浮遊性有孔虫化石が多く含まれる。凝灰岩には軽石が含まれる。

地点 B と B' : 凝灰岩(下位)と泥岩(上位)との境界。凝灰岩には軽石が含まれる。泥岩には浮遊性有孔虫化石が多く含まれる。

地点 C と C' : 泥岩(下位)と石灰岩(上位)との境界。境界では、下位の泥岩が削られており、石灰岩の基底には泥岩起源の礫が含まれる。石灰岩には、サンゴの化石が含まれる。

なお、上記の 6 地点で走向と傾斜を測定した。

問 1 地点 B で観察された地層の境界は、地点 1 ~ 4 のどこで観察されるか、数字で答えなさい。

問 2 地質図を作成しなさい。解答用紙に指定された模様で岩石を区分しなさい。模様は大まかでよい。

問 3 凝灰岩の層厚(地層面に垂直な方向での厚さ：メートル)を整数で答えなさい。(小数点以下は四捨五入すること)

問 4 湧き水がみられる地点を地点 A ~ C の中から一つ選び、その記号を答えなさい。また、その理由を答えなさい。

問 5 地点 X でボーリングをすると、上部の泥岩と凝灰岩との境界は地表から何メートルの深さに出てくると予想されるか、整数で答えなさい。(小数点以下は四捨五入すること)

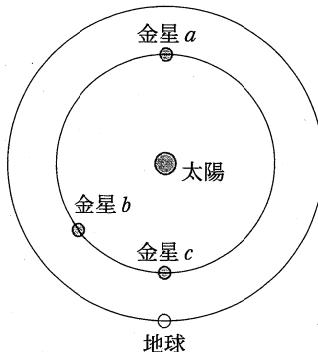
問 6 実際に地点 X でボーリングをした結果、上部の泥岩と凝灰岩との境界は深さ 400 メートルに現れた。その後の調査で走向 NS、傾斜 45° E で、地層面を垂直に切る断層の存在が確認された。地点 X を通る東西方向の地層断面図を作成した時の断層面上での地層の変位量(ずれた距離：メートル)を整数で答えなさい。(小数点以下は四捨五入すること)

問 7 この地域の地史(堆積環境と地殻変動の変遷)を 200 字程度で答えなさい。

4 次の設問A, B, C, の各間に答えなさい。(25点)

A 月は満ち欠けするが、欠けている部分を補えば、満月も三日月も同じ大きさ(視直径)である。これは月が地球を中心に回っているからである。すべての天体は地球を中心とする「天球」上を回っていると考える天動説によれば、金星も常に同じ大きさに見えるだろう。17世紀の初頭、ガリレオ・ガリレイは、自ら作った望遠鏡で金星を観測して、金星は満ち欠けとともにその大きさ(視直径)が変わることを世界で初めて知った。その結果、コペルニクスがとなえていた地動説を確信するに至った。

図Iは地球と金星の太陽公転軌道の概略である。太陽—地球間距離を1.0[天文単位]とするとき、太陽—金星間距離は約0.7[天文単位]である。また、図Iでは地球—金星の相対的位置関係を示しており、金星aは外合の金星であり、このとき金星の姿は“満”金星である。同じく金星bは、東方最大離角の位置にあり、“半”金星に見える。金星cは内合の金星である。



図I

問1 天体の大きさは通常角度で表される。その際、天体は遠いので視半径(視直径の $\frac{1}{2}x$)が微小角であるから、 $\tan(x) \approx x$ (ただし x [ラジアン])の関係を用いることができる。

いま、金星の実際の半径を r [天文単位]とすると、“満”金星の視半径は $\frac{r}{1.7}$ [ラジアン]である。すると、“半”金星の視半径は $\frac{r}{X}$ [ラジアン]で表される。ここでの X はいくらか。小数点1桁まで答えなさい。

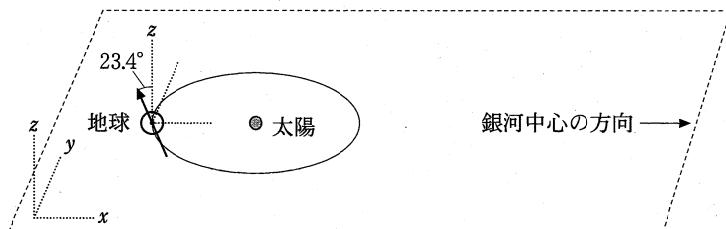
問2 日食の際の観測などで、内合の金星の大きさ(視直径)が計測できるとすると、内合の金星の大きさは“満”金星の大きさの何倍か。小数点1桁まで答えなさい。

問3 地球の公転周期を T_E 、金星の公転周期を T_V とする。はじめ金星が内合の位置にあった場合、次に内合の位置になるまでの期間(会合周期)に、地球は太陽の回りを s 回まわるのに対して金星は $s+1$ 回まわることになる。

(1) s を求める式を答えなさい。

(2) 金星の公転周期は約0.62年である。金星の会合周期は何年か。小数点1桁まで答えなさい。

B 図IIの $x-y$ 平面は地球が太陽の周りを公転する平面(公転面)を表している。さらに図IIでは、北半球が冬である場合の地球の位置で、公転面に垂直な軸(z 軸)から 23.4 度傾いている地球の自転軸(北向き)を太いベクトルで表している。



図II

問 4 冬の星座であるオリオン座は次のいずれの方角にあるか。番号で答えなさい。

- ① 銀河中心の方角にある
- ② 銀河中心と反対の方角にある

問 5 北半球が夏である場合の地球の位置とその自転軸を、図IIにならって、解答用図に示しなさい。

C 日本では、冬の典型的な気圧配置は西高東低である。

問 6 冬期に、太平洋側に比べて、中国大陸が高い気圧になる理由を述べなさい。

問 7 北半球では、大規模な低気圧は反時計回りの風系をともなう。その理由を述べなさい。

問 8 日本の冬は北風が吹いて寒い。しかし世界には、日本とは反対に、冬に南風が吹く地域がある。

- (1) そのような地域の例をあげなさい。
- (2) そこで冬の典型的な気圧配置を記しなさい。