

11月23日実施

理科

医学部

物理

I 以下の文章を読み、空欄 1 ～ 14 に最も適切な答えを解答用紙の指定されたところに書きなさい。

図1に示すように、質量 m の小球がばね定数 k 、自然長 L のばねで質量 M の台とつながれている。台の上面はなめらかで台の厚さは一定であり、小球は台の上で直線運動することができる。ここで、台に固定された座標系を考え、この座標系における小球の位置を x とする。ばねが自然長のとき、小球の位置を $x=0$ とし、ばねが伸びる向きを x 軸の正の向きとする。小球と台の間に摩擦はなく、小球は台の上をフックの法則が成り立つ範囲で運動する。また、重力加速度の大きさを g とし、小球の大きさ、ばねの質量、空気抵抗は無視できるものとする。

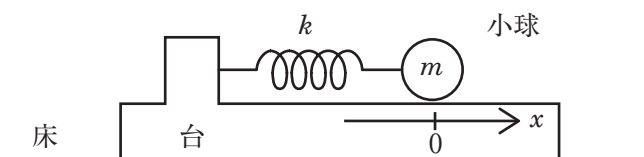


図1

I - A

- (1) はじめに台を水平な床に固定した。時刻 $t=0$ において、 $x=0$ の位置にある小球に x 軸の正の向きに大きさ v の初速度を与えると、小球は単振動をはじめた。その周期は $T_0 =$ 1 であった。また、 x の最大値は 2 であった。

(2) 図2に示すように、鉛直方向下向きに対して、 x 軸のなす角が θ になるように台を固定した。小球のつりあいの位置は $x_B =$ となった。

$t=0$ で、つりあいの位置 x_B で静止していた小球を x 軸の正の向きに大きさ v の初速度を与えたところ、 x 軸に沿って単振動をはじめた。 $x=0$ における小球の位置エネルギー（ばねの弾性力による位置エネルギーと重力による位置エネルギーの和）を 0 としたとき、座標 x における小球の位置エネルギーは となる。この小球は振幅 で単振動した。

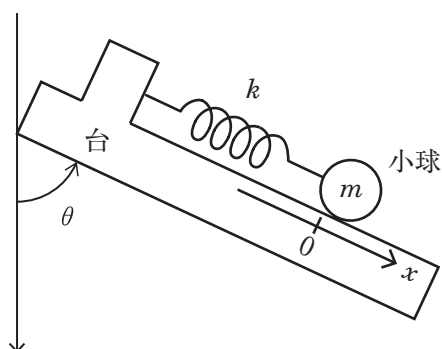


図2

I - B

図3に示すように、台車に図1の台を固定した。台車は、水平な床面上にとった X 軸に沿って運動し、 X 軸と台の x 軸の向きは一致している。以下、床に対する台車の速度と加速度を測定する。台車の質量は小球と台をあわせた質量よりも十分に大きいので、台車の運動は小球の振動による影響を受けない。台車は任意の加速度で運動可能であり、加速度を瞬間的に変えることができる。また、台車の加速度変化と同時に、小球は振動の中心の座標を変化させるものとする。図4に小球の振動の中心の座標 x_C の時間変化を示す。ただし、小球の振動の周期は図4中の時刻 t_1 と比べて十分に小さいとする。以下の問いに答えよ。

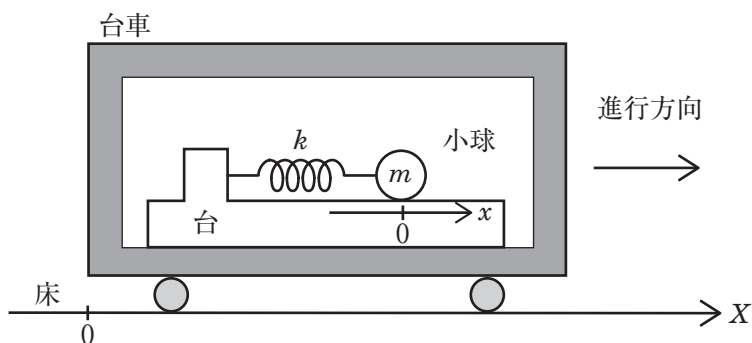


図 3

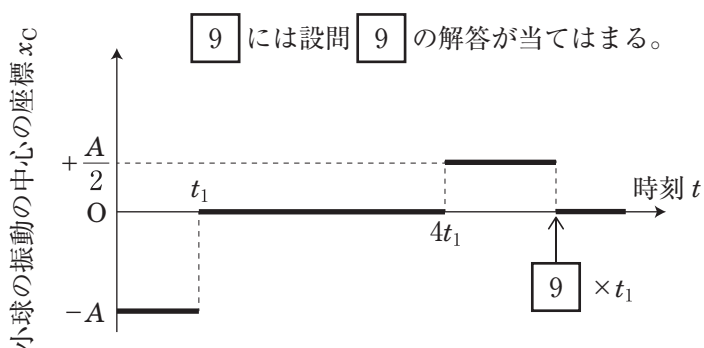


図 4

(1) 台車が $X=0$ 、小球が $x=0$ の位置でそれぞれ静止していた。 $t=0$ で台車が一定の加速度で X 軸の正の向きに走り始めると、小球は x 軸の負の向きに動きはじめ、その後、小球は単振動をおこなった。 $0 < t < t_1$ において、小球の振動の中心の座標は $x_C = -A$ ($A > 0$) であり、台車の加速度は 6 である。

(2) $t=t_1$ で台車の加速度が変化した。このとき、小球の位置 x は $0 < t < t_1$ における x の最小値と同じであった。 $t_1 < t < 4t_1$ における台車の加速度は、図4より 7 である。また、 $t=2t_1$ における台車の速度の大きさは t_1 を用いると 8 である。

(3) $t=4t_1$ で台車の加速度がまた変化した。このとき、小球の位置 x は $t_1 < t < 4t_1$ における x の最大値と同じであった。 $4t_1 < t <$ 9 $\times t_1$ において台車の加速度は一定であり、 $t=$ 9 $\times t_1$ で台車は停止した。

(4) 時刻 t と小球の位置 x の関係をグラフにする。 $0 \leq t \leq 2T_0$ における x の時間変化を 10 に描け。ただし、 T_0 は 1 である。同様に、 $t_1 \leq t \leq t_1 + 2T_0$ における x の時間変化を 11 , $4t_1 \leq t \leq 4t_1 + 2T_0$ における x の時間変化を 12 に描け。

(5) $0 \leq t \leq$ 9 $\times t_1$ における台車の速度の大きさの時間変化を 13 に描け。

(6) $t=0$ で動き出した台車が停止するまでに走行した移動距離は 14 $\times \frac{kAt_1^2}{m}$ である。

(計算用紙)

(計算用紙)

Ⅱ 以下の文章を読み，空欄 ～ に最も適切な式もしくは数値を書きなさい。また，空欄 ～ にあてはまる最も適切なものを解答群の中から選び，記号を書きなさい。

Ⅱ - A

2つの小物体の衝突について考える。図1のように， x 軸上を正の向きに速さ V [m/s] で進んできた質量 M [kg] の小物体Aが，原点 O に置かれた速さ 0 ，質量 m [kg] の小物体Bと弾性衝突する。衝突後の小物体A，Bの x 軸の正の向きの速さはそれぞれ， v_A [m/s]， v_B [m/s] とする。

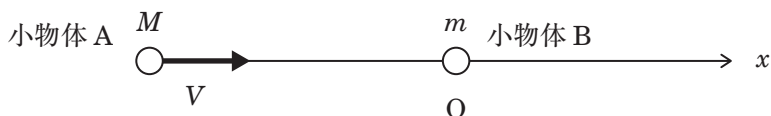


図1

(1) $M=m$ の場合を考える。運動量保存の法則から， V ， v_A ， v_B の関係は $V =$ と表せる。また，力学的エネルギー保存の法則から $V^2 =$ である。したがって， $v_A =$ $\times V$ ， $v_B =$ $\times V$ となる。

(2) 次に， $M > m$ の場合を考える。 $M=m$ の場合と同様に，運動量保存の法則と力学的エネルギー保存の法則を考えると， $v_A =$ $\times V$ ， $v_B =$ $\times V$ である。

(計算用紙)

II - B

荷電粒子を加速するために用いられるサイクロトロンと呼ばれる装置について考える。図2（左）はサイクロトロンを斜め上から見た図である。真空中に半径 R [m] の薄い半円状で中空の2つの電極（電極1と電極2）が、狭い隙間をへだてて置かれている。隙間の幅を d [m] とする。隙間の部分には高周波電源によって電圧がかけられている。また電極には、磁束密度の大きさが B [T] の一様な磁場が下から上に向かって垂直方向にかけられている。図2（右）はサイクロトロンを真上から見た図である。イオン源から、初速度の大きさ0で荷電粒子を出す。この荷電粒子の電荷は q [C] ($q > 0$)、質量は m [kg] である。高周波電源の電圧の周期を調整すると、図2（右）のように、荷電粒子は半円と長さ d の線分からなる軌道を描いた。荷電粒子が隙間にあるとき、電極間の電圧の大きさは V [V] で一定であり、電場は一様とみなす。重力は無視できるとする。

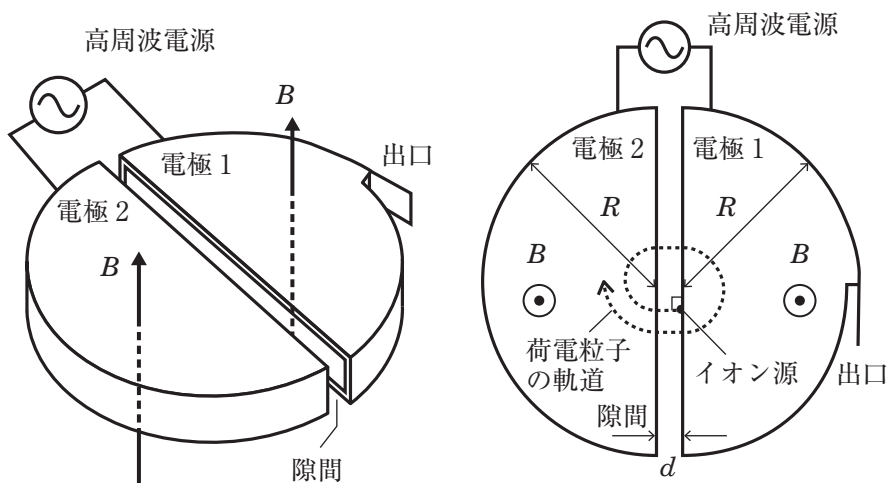


図2

- (1) イオン源から初速度の大きさ 0 で出された荷電粒子は、隙間で加速され (1 回目), d [m] 直進したのち電極 2 に入射した。このとき、荷電粒子が隙間を通過するのにかかる時間 t_1 [s] と、電極 2 に入射する速さ v_1 [m/s] はそれぞれ, $t_1 = \boxed{7}$, $v_1 = \boxed{8}$ である。
- (2) 荷電粒子は電極 2 の半円内を運動したのち、隙間で加速され (2 回目), 電極 1 に入射した。電極 1 に入射する速さ v_2 [m/s] と v_1 の間には、エネルギー保存の法則から $v_2^2 - v_1^2 = \boxed{9} \times v_1^2$ の関係が成り立つ。また、荷電粒子が隙間で 3 回目に加速された直後に電極 2 に入射する速さを v_3 [m/s] とすると, $v_3^2 - v_2^2 = \boxed{9} \times v_1^2$ も成り立つ。同様にして、荷電粒子が隙間で n 回目に加速された直後に電極に入射する速さ v_n [m/s] についての関係式も考えると, $v_n = \boxed{10} \times v_1$ が求まる。また n 回目に加速されるときに、隙間を通過するのにかかる時間 t_n [s] は $t_n = \left(\boxed{11} \right) \times t_1$ である。したがって, t_n は $n=1$ で最大となる。
- (3) 一方、隙間で n 回加速された荷電粒子が、電極に入射してからその次 ($n+1$ 回目) に隙間に到達するまでにその半円内にいる時間 $\frac{T}{2}$ [s] は, q, m, B を用いて表すと, $\frac{T}{2} = \boxed{12}$ であり, T は n に依存しないことが分かる。したがって, $\frac{t_1}{T}$ が 1 より十分小さければ、高周波電源の電圧の周期を T にすることで、隙間を通過するたびに荷電粒子を加速することができる。
- (4) 出口で荷電粒子を取り出すと、その運動エネルギーは K [J] であった。このとき隙間での加速回数は, q, K, V を用いて表すと, $\boxed{13}$ であった。またサイクロトロンの半径 R は, q, m, K, B を用いて表すと $\boxed{14}$ となる。

(計算用紙)

II - C

- (1) 放射線が物質中に入射すると、原子中の電子をはね飛ばして原子をイオンにすることがある。これを放射線の 15 作用という。この作用を利用すると、放射線を体内の腫瘍に照射してがん細胞を破壊することができる。
- (2) ここでは、原子中の電子の運動エネルギーを 0 とみなし、放射線が原子中の電子に衝突する様子を、II - A のような 2 つの小物体の弾性衝突で近似して考える。放射線が陽子の場合、II - A(2) で考えた運動で近似できる。陽子と電子の質量の比はおよそ 1800 : 1 であるため、 $v_A =$ 5 $\times V$ の関係を用いると、陽子の速さの変化率 $\frac{|V - v_A|}{V}$ は 16 % と計算できる。したがって、陽子は物質中に深く侵入できる。
- (3) II - B に示したサイクロトロンは、放射線治療に用いる陽子を加速するために用いられる。例えば、出口で運動エネルギーが $5 \times 10^6 \text{ eV}$ の陽子を取り出すのに必要なサイクロトロンの半径は 17 m である。ただし、陽子の質量を $1.6 \times 10^{-27} \text{ kg}$ 、電気素量を $1.6 \times 10^{-19} \text{ C}$ 、磁束密度の大きさを 1 T とする。

15 の解答群

A 透過 B 電離 C 共振 D 飽和 E 崩壊

16 , 17 の解答群

A 0.01	B 0.03	C 0.05	D 0.07
E 0.1	F 0.3	G 0.5	H 0.7
I 1	J 3	K 5	L 7
M 10	N 30	O 50	P 70

(計算用紙)

化 学

大問Ⅰ～Ⅲに答えよ。(問題は化11ページまでである)

化学の問題は次ページから始まる

I 次の文章を読み、以下の設問(1)～(4)に答えよ。必要に応じて以下の値を使用し、特に指定のない場合は数値を有効数字3桁で求めよ。ただし、原子量は H(水素)=1.00、炭素(C)=12.0、酸素(O)=16.0、塩素(Cl)=35.5 とする。また、気体はすべて理想気体として取り扱い、気体 1 mol の体積は、標準状態 (0℃, 1.01×10^5 Pa) で 22.4 L とする。

酸や塩基の水溶液の濃度を決定する滴定法の 1 つとして中和滴定がある。水酸化ナトリウムを塩基として正確な中和滴定を行うためには、水酸化ナトリウム水溶液の濃度をあらかじめ標準化しておく必要がある。これは、固体の水酸化ナトリウムが空気中の水分を吸収する (①) という性質をもつだけでなく、空気中の二酸化炭素と反応して (②) を生成することにより正確な濃度の水溶液を調製しにくいためである。弱酸と強塩基の中和滴定においては、滴定の終点を判定するためにフェノールフタレインが指示薬として使われることが多く、終点付近で無色から (③) 色に変化し、この中和点では塩が加水分解して水溶液は (④) 性を示す。また、滴定法を用いることによって、空気中の二酸化炭素を定量することも可能である。標準化した水酸化バリウム水溶液に空気を通じると、空気中の二酸化炭素と反応して (⑤) の沈殿を生成する。その後、水溶液中に残っている水酸化バリウムを塩酸の標準溶液で滴定することにより、吸収された二酸化炭素の量を間接的に求めることができる。

(1) ①～⑤に当てはまる語句を書け。ただし、②と⑤は組成式で答えよ。

(2) シュウ酸二水和物 63.0 g を水に溶かして正確に 500 mL とした水溶液から 25.0 mL を分取し、水酸化ナトリウム水溶液の標準化を行ったところ、中和点までに使用した水酸化ナトリウム水溶液の量は 60.0 mL であった。ただし、シュウ酸は、全て解離するものとする。

(ア) このときの中和反応を、化学反応式で表せ。

(イ) 標準化した水酸化ナトリウム水溶液のモル濃度 [mol/L] を求めよ。

- (3) 未知濃度の塩酸を水で 10 倍に希釈した後、25.0 mL 分取して、(2)で標準化された水酸化ナトリウム水溶液を用いて滴定したところ、中和点までに使用した水酸化ナトリウム水溶液の量は 22.0 mL であった。このときの水で希釈する前の塩酸のモル濃度〔mol/L〕を求めよ。
- (4) 濃度が 0.0200 mol/L の水酸化バリウム水溶液 100 mL に、標準状態で 1.00 L の空気^①を通じた結果、空気に含まれていたすべての二酸化炭素が水溶液に溶解し、沈殿を生じた。その後、水溶液中に残っている水酸化バリウムを 0.0100 mol/L の塩酸で滴定したところ、中和点までに 15.0 mL を要した。
- (ア) このとき水酸化バリウム水溶液に吸収された二酸化炭素の物質量を求めよ。
- (イ) 下線部①の空気中の二酸化炭素のモル分率を、有効数字二桁で求めよ。

(計算用紙)

(次ページへ続く)

Ⅱ 以下の問 1, 2 についてそれぞれ答えよ。

問 1 塩化カリウム (KCl, 式量 75.0) の水に対する溶解度 (水 100 g に溶ける溶質の最大質量 [g]) は, 40℃で 40.0, 78℃で 50.0 である。今, 78℃において KCl の飽和水溶液 (水溶液①) を調製した。以下の設問(1)~(6)に答えよ。

- (1) x [g] の水溶液①に含まれる水の質量 [g] を, x を用いた式で表せ。
- (2) x [g] の水溶液①を 40℃まで冷却したとき, 析出する KCl の質量 [g] を, x を用いた式で表せ。
- (3) x [g] の水溶液①を水で希釈して, 質量モル濃度 0.100 mol/kg の KCl 水溶液 (水溶液②) を調製した。このとき, 加えた水の質量 [g] を, x を用いた式で表せ。
- (4) 水溶液②の凝固点を測定したところ, 凝固点降下度は 0.360 K であった。この水溶液中の KCl の電離度を, 計算過程を併せて, 小数第 2 位まで求めよ。ただし, 水のモル凝固点降下は $1.85 \text{ K} \cdot \text{kg/mol}$ とする。

- (5) 図1は水と水溶液の凝固点測定の一般的な結果である。図中の $a\sim f$ は各温度〔K〕を表している。水溶液の凝固点降下度を、 $a\sim f$ から必要なものを用いて表せ。

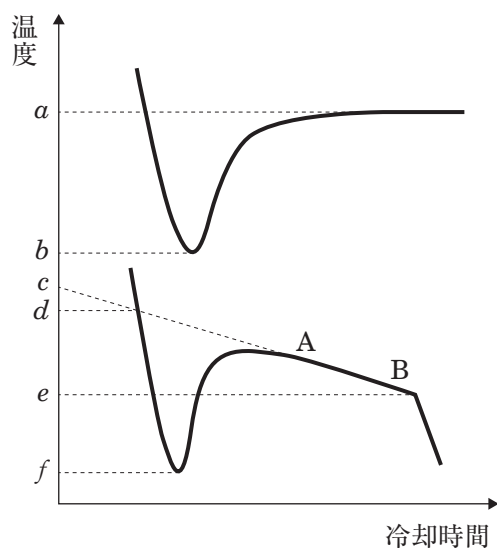


図1

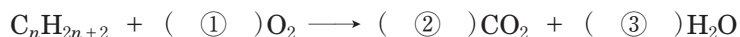
- (6) 図1の区間A~Bにおいて、時間とともに温度が減少する理由を50字以内で述べよ。

(計算用紙)

(次ページへ続く)

問2 飽和炭化水素（アルカン）は一般式 C_nH_{2n+2} で表される。以下の設問(7)～(10)に答えよ。

(7) アルカンの燃焼反応式は以下の形で表される。空欄①～③に当てはまる式を、炭素数 n を用いて表せ。



(8) あるアルカンの生成エンタルピーを x [kJ/mol] とする。このとき、このアルカンの燃焼エンタルピー [kJ/mol] を、 x および n を用いて表せ。ただし、二酸化炭素 (CO_2 , 気体) の生成エンタルピーは -394 kJ/mol, 水 (H_2O , 液体) の生成エンタルピーは -286 kJ/mol とする。

(9) 炭素数が2つ異なる2種類のアルカンについて、燃焼エンタルピーの差（分子量が大きい方から小さい方を引いた値）が -1328 kJ/mol であった。このとき、生成エンタルピーの差（同様に、分子量が大きい方から小さい方を引いた値）を有効数字2桁で求めよ。

(10) プロパン ($n=3$) の生成エンタルピー ΔH [kJ/mol] を式で表したとき、空欄①～④に当てはまる数字（負の値の場合はマイナス記号をつけること）を答えよ。

$$\Delta H = (\text{①}) a + (\text{②}) b + (\text{③}) c + (\text{④}) d$$

ただし、炭素（黒鉛）の昇華エンタルピーを a [kJ/mol], H-H 結合ならびにプロパン内の C-H 結合と C-C 結合の結合エネルギーをそれぞれ b , c , d [kJ/mol] とする。ここで、結合エネルギーは気体分子内の共有結合を切断するのに必要なエネルギー（吸熱、正の値）である。

(計算用紙)

(次ページへ続く)

Ⅲ 有機化合物に関する説明 1 と説明 2 を読み、設問(1)～(8)に答えよ。ただし、原子量は H(質量数が 1 の水素) = 1.00, D(質量数が 2 の重水素) = 2.00, C(炭素) = 12.0, O(酸素) = 16.0, Na(ナトリウム) = 23.0 とする。異性体に関する問題では、H (質量数が 1 の水素) と D (質量数が 2 の重水素) は区別するものとする。また、水素分子に関する問題では、水素分子に含まれる質量数が 1 の水素 H と質量数が 2 の重水素 D の比率は考慮しないものとする。

説明 1 炭素、水素 H、重水素 D、酸素からなる有機化合物 545 mg を完全に燃焼させたところ、二酸化炭素 1.54 g と、重水素 D を含む水 365 mg を得た。この重水素 D を含む水の平均分子量は 18.25 であった。

- (1) 説明 1 のような実験で生じる二酸化炭素の質量を測定するためには、一般的に **2 種類の化学物質** を混合し焼き固めたものを入れたソーダ石灰管を用いる。このソーダ石灰を構成する **2 種類の化学物質** の名称を答えよ。なお、元素記号での解答は不可とする。
- (2) 下線部 a の有機化合物に含まれる、すべての水素同位体に占める重水素 D の物質量の割合 (%) を答えよ。解答は、小数点第 1 位までで答えよ。
- (3) 下線部 a の有機化合物の組成式を、水素 H と重水素 D を区別して、 $C_aH_bD_cO_d$ の形式で答えよ。なお、組成式 $C_aH_bD_cO_d$ において $a \sim d$ が 1 の場合は 1 を省略して答えよ。また、 $a \sim d$ が 0 の場合は、その元素記号は記載せずに答えよ。

(計算用紙)

(次ページへ続く)

説明2 説明1の下線部aの有機化合物の分子量が200以下であり、分子内にベンゼン環が1個含まれている場合、(①)種類の異性体が存在する。これらの(①)種類の異性体は、塩化鉄(Ⅲ)水溶液を加えることによって、呈色する異性体と呈色しない異性体に分類される。下線部bの異性体は(②)種類、存在する。下線部cの異性体は、ナトリウムと反応させることによって、水素分子を発生する異性体と水素分子を発生しない異性体に分類される。下線部dの異性体には、 sp^3 混成軌道を形成している炭素原子は(③)個、存在する。

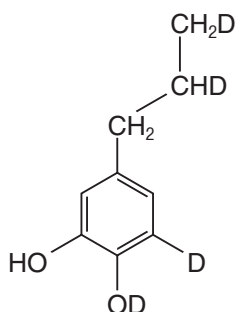
(4) ①～③に当てはまる数字を答えよ。

(5) 下線部bの異性体 327 mg を完全に反応させるために必要な無水酢酸の質量〔mg〕を答えよ。

(6) 下線部dの異性体 654 mg を完全に反応させるために必要なナトリウムの質量〔mg〕を答えよ。

(7) 設問(6)の反応で生じる有機化合物に含まれる重水素 D の原子数が、反応前の有機化合物に比べて減少する場合、下線部dの異性体のなかで、あてはまる異性体の構造式を、下の書き方の例にならってすべて書け。

(8) 下線部eの異性体の構造式を、下の書き方の例にならってすべて書け。



設問(7)と設問(8)の構造式の書き方の例

重水素 D が明確に区別できるように書くこと。ベンゼン環の炭素に結合する水素 H が明らかな場合は、H の表記を省略しても良い。

(計算用紙)

化学の問題はここまで

生 物

解答は必ず別に配布する解答用紙に記入すること。

漢字の生物用語は、原則として正しい漢字を用いて解答すること。

I 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

真核細胞のほとんどのDNAは、タンパク質である [ア] に巻きついて、
[イ] を構成し、これらは [ウ] 繊維として存在している。この [ウ] 繊維がさらに高次に折りたたまれて、 [エ] を構成している。

体細胞分裂を繰り返している細胞では、細胞分裂を行う分裂期とそれ以外の時期である [オ] を繰り返しており、この [オ] と分裂期の繰り返しを細胞周期という。
[オ] には、DNAの複製が行われ、 [エ] は細い糸状の構造物として存在している。分裂期には、 [カ] 分裂とそれに続いて [キ] 分裂が起こる。
[カ] 分裂の過程は、前期・中期・後期・ [ク] の4つの時期に分けられる。
前期には、 [エ] を包む [ケ] が消失し、 [エ] が太く短く凝縮する。中期には、複製された [エ] が細胞の [コ] にはこばれ、ならんだ状態となつて

① いる。後期には、 [エ] は [コ] から分かれて、細胞の両極に向かって移動する。
[ク] に入ると [エ] が再び分散し、 [ケ] が形成され、2個の新しい [カ] ができる。動物細胞の [キ] 分裂では、細胞膜が細胞中心に向かってくびれ込み、 [キ] が二つに分かれる。一方、植物細胞では、 [コ] に [サ] が形成され、 [キ] が二分される。

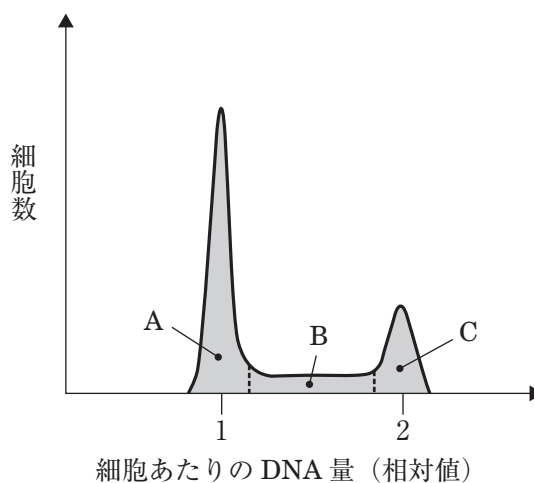
ヒトのような多細胞生物は、1個の [シ] を元にして生じた筋細胞、皮膚の細胞など多様な細胞から構成されている。これらの細胞は、基本的にはすべて同じゲノムをもっているが、それぞれ違った形態や機能を有している。② このように、分裂によって生じた細胞が特定の形態や機能をもつようになる現象を、細胞の [ス] という。
[ス] した細胞の多くは体細胞分裂を行わず、細胞周期においては [セ] 期の状態にあるとされる。

問1 文章中の ア ～ セ に入る最も適当な語句を解答欄に記入せよ。

問2 下線部①の状態となったことを確認してから細胞周期を進行させる制御機構を何というか。

問3 下線部②のような違いが生じるのはなぜか。「遺伝子」という語を用いて、25字以内で説明せよ。

問4 ある細胞集団が、分裂期の細胞の割合が常に一定に保たれるよう培養され、体細胞分裂を繰り返して増殖を続けている。この集団を構成している細胞は、いずれも同じ長さの細胞周期をもつとする。この集団から10000個の細胞を取り出して観察したところ、そのうち1000個が分裂期の細胞であった。次に、この集団の10000個の細胞を、DNA と結合すると蛍光を発する色素で染色し、各細胞が発する蛍光の強さを測定した。各細胞が発する蛍光の強さは、その細胞内の DNA 量を反映しており、得られた値をもとに DNA 量と細胞数の関係を調べた結果、図のようなグラフが得られた。このとき、実線と点線で囲まれた領域 A、B、C の、全体に占める面積の割合は、それぞれ50%、20%、30%であったとする。次の小問に答えよ。



- (1) 取り出した10000個の細胞のうち、 G_2 期にあると考えられる細胞は何個か。
- (2) G_2 期が3時間であったとき、この細胞集団の細胞周期の長さを求めよ。
- (3) この細胞集団に、紡錘糸の形成を妨げる薬剤を作用させた。薬剤処理後、前問(2)で求めた細胞周期と同じ時間が経過した時点で、細胞あたりのDNA量を調べたところ、グラフに変化がみられた。領域A、B、Cの面積は、薬剤処理によりどのように変化すると予想されるか。それぞれについて、①増加する、②減少する、③変化しない、の中から最も適切なものを選び、番号を解答欄に記入せよ。
- (4) 細胞あたりのDNA量は、AやCではほぼ一定だが、Bではより広い範囲に分布している。Bが細胞周期のどの時期に相当するかを踏まえ、DNA量の分布が広がる理由を50字以内で説明せよ。

問5 セ 期の細胞について次の小問に答えよ。

- (1) この細胞は、問4の図のA、B、Cのうち、どこに含まれていると考えられるか。
- (2) セ 期の細胞は、細胞周囲の環境が変化するなどの刺激を受けて再び細胞周期を開始することがある。細胞周期を再開するときに、この細胞が最初に入るのは何期か。
- (3) ヒトのからだで、セ 期の細胞が細胞周期を再開する具体例を1つ挙げ、そのとき細胞が再び細胞周期に入る必要がある理由を含めて、50字以内で答えよ。

〔余 白〕

Ⅱ 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

組織の損傷によって血管が傷つき血液が血管外に流出すると、血液中の血小板や凝固因子の働きによって ^① ア が形成される。これにより、血液の喪失や損傷部位からの病原体の侵入を防ぐ。また、血液の凝固反応は血管内でも起きることがあり、形成された血液の塊を イ という。イ は、血液中に存在する ウ に tPA などの活性化因子が作用することで生じた エ によって溶解される。このような反応を オ という。ウ と tPA は イ に結合しやすい性質をもつ。オ の反応が正常に働かないと、^② 心筋梗塞 などの発症の原因となる。

血液の凝固反応は採血した血液をガラス管に入れて静置した場合にも起こる。このとき、血液は異物であるガラス管に接触することによって凝固因子が活性化され、ア が形成される。血液の液体成分である血しょうは、採取したヒトの血液にクエン酸ナトリウムを添加して遠心分離したときの上清として得ることができる。^③ このようにして得た血しょうをガラス管に移して37℃でしばらく静置しても流動性に変化がなかった。^④

問1 文章中の ア ～ オ に入る最も適当な語句を、解答欄に記入せよ。
ただし、ア ～ オ には同じ語句は入らない。

問2 血小板の性質や働きについて正しいものをすべて選べ。

- a. プロトロンビンを産生する。
- b. 血管の損傷部位に粘着する。
- c. 出血部位を塞いで止血する。
- d. 免疫グロブリンを産生する。
- e. 損傷部位の異物を貪食する。
- f. 血液凝固を促進する因子を放出する。
- g. 出血部位において互いに結合して凝集する。

問3 下線部①について、血管外に存在して血液凝固反応を開始させる引き金となる生体内の物質名を答えよ。ただし、細胞外基質は除くものとする。

問4 下線部②について、ウとその活性化因子がイに結合しやすい性質をもつことはどのような利点があるか、40字以内で答えよ。

問5 下線部③の「梗塞」とはどのような状態であるか、50字以内で説明せよ。

問6 下線部④の血しょうに、ある試薬の水溶液を添加すると血しょうの流動性が消失した。次の小問に答えよ。

(1) 添加した水溶液を下記の a～e から1つ選び記号で答えよ。

- a. 塩化カリウム b. 塩化ナトリウム c. 塩化カルシウム
d. 水酸化ナトリウム e. 炭酸水素ナトリウム

(2) 試薬の水溶液を添加することで血しょうの流動性が消失した理由を25字以内で説明せよ。

問7 あるヒトの血しょうをB型の赤血球に添加すると赤血球の凝集が生じた。このとき、血しょうはどのABO式血液型のヒトから採取された可能性があるか。考えに至った理由を含めて75字以内で答えよ。なお、ABO式血液型以外の血液型による赤血球の凝集は考慮しないものとする。

Ⅲ 次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ヒトのゲノムはおよそ 塩基対からなり、その中におよそ 個の遺伝子がある。遺伝子が占める部分はゲノムの %程度であり、残りの大部分は2塩基から数千塩基の同じ配列が繰り返された反復配列で占められている。このうち数個の塩基が単純に連なって繰り返された反復配列をマイクロサテライトという。ゲノム塩基配列の99.9%は、ヒトで共通である。残りのわずかな違いが、病気のなりやすさを含めた多様な形質の個人差を生みだしている。個体間のDNA配列の違いには、SNP^①のほかマイクロサテライトの反復数の違いがある。マイクロサテライトの反復数が多くなることで生じる遺伝的な疾患はマイクロサテライトリピート病と総称される。例えば、一般に30代後半になって発症する神経性疾患であるハンチントン病は、HTT 遺伝子^②のタンパク質コード領域にあるCAG配列の反復数が36回を超えることで生じる。神経細胞にポリグルタミン配列を含むタンパク質が凝集して蓄積し、やがて細胞死を起こすことで、不随意運動や認知障害など様々な神経症状が引き起こされる。また、ある型の筋萎縮性側索硬化症（ALS）は、*C9orf72* 遺伝子の第1イントロンにある6塩基（GGGGCC）配列の反復数が二十数回を超えることで生じる。このような6塩基配列の反復数が多い異常なイントロンは、翻訳され特定の反復アミノ酸配列を含む異常なタンパク質を生じて、これが神経細胞内に蓄積し細胞死を引き起こすと考えられている。核内で転写されて生じたmRNA前駆体から の過程で切り離された異常なイントロンが、どのように を通って細胞質基質へ移動し翻訳される^④のか、そのしくみの詳細は明らかになっていないが、通常を開始コドンである という配列がなくても翻訳が開始される特殊な形式での翻訳が起こっていると考えられる。

ALSの診断では様々な検査が行われる。その一つに、運動神経の障害の程度をみるための検査として 反射がある。この検査では、椅子に座り足を床につけずに垂らした状態で、膝の皿の下をハンマーで軽く打つと足が上がる反応をみる。腱を打つことにより膝関節の 筋である大腿四頭筋が伸長すると、これが筋肉中の受容器である によって受容される。受容器で受容された刺激は感覚神経の興奮として脊髄へと伝えられ、同じ筋肉を支配する運動神経を刺激し筋収縮が起こる^⑤。ALSでは、進行の程度により、反射が強められたり低下したりする。

- 問 1 文章中の ア ～ ケ に入る最も適切な語句または数値を、解答欄に記入せよ。
- 問 2 下線部①の SNP は何の略称か。日本語もしくは英語で答えよ。
- 問 3 mRNA 以外にも細胞内で機能をもつ RNA が何種類か知られている。mRNA 以外の RNA の代表例を三つ挙げ、それぞれの機能を25字以内で答えよ。
- 問 4 下線部②の遺伝子は、神経だけでなく皮膚や消化管でも発現がみられるが、皮膚や消化管におけるポリグルタミン配列を含むタンパク質の蓄積はほとんど問題視されない。なぜ神経だけで問題を生じるのか、考えられる理由を50字以内で答えよ。
- 問 5 下線部③の配列には、3種類の反復配列がある。反復されるアミノ酸配列を答えよ。コドン表を参考にしてよい。
- 問 6 下線部④にある mRNA の核外輸送やリボソームとの結合には、核内の mRNA に付加される修飾が大きく関与している。この修飾の名称を答えよ。
- 問 7 下線部⑤の経路を何と呼ぶか。また、右膝下をハンマーで叩いたときに情報を伝える神経経路について、解答用紙にある脊髓の断面図に神経の走行を描け。ただし、神経軸索を実線で、感覚神経の細胞体を「○」、運動神経の細胞体を「●」で示し、シナプスを「—<●—」で示すこと。

コドン表

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	UGA 終止	A		
		UUG	UCG		UAG	UGG トリプトファン	G		
	C	CUU ロイシン	CCU	プロリン	CAU ヒスチジン	CGU	U		
		CUC	CCC		CAC	CGC アルギニン	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	U		
		GUC	GCC		GAC	GGC グリシン	C		
		GUA	GCA		GAA グルタミン酸	GGA	A		
		GUG	GCG		GAG	GGG	G		