

物 理 (推薦問題用紙1)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

I 以下の空欄 ～ に適切な式や値を入れよ。

地球(中心O, 質量M, 半径R)の表面から質量mの探査機Xを打ち上げ, 月に到達させることを考えよう。月は, 点Oを中心とする半径Lの円上を等速円運動しているものとする。また, Xに対する地球以外の天体の引力や地球の自転の影響, 月の大きさは無視できるものとする。万有引力定数をGとして以下の問いに答えよ。

(1) 最初に, 図1のように探査機Xを地球の中心Oからの距離を $\frac{L}{5}$ に保つように等速円運動させることを考える。このとき, Xの軌道は月の軌道を含む平面内にあるとする。Xと地球の間にはたらく力の大きさは $\times \frac{1}{L^2}$, Xの速さは $V_0 =$ $\times \frac{1}{\sqrt{L}}$, 円運動の周期は $T =$ $\times \sqrt{L^3}$ である。 で求めた V_0 とL, Rを用いると, 地球の表面における重力加速度の大きさは と表せる。

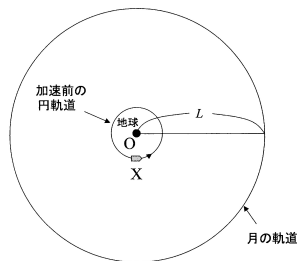


図1

(2) 次に, 図2の点Aでごく短時間の加速を行い, 探査機Xをだ円軌道に乗せる。このだ円軌道は月の軌道を含む平面内にあり, 地球の中心Oを焦点とし, 地球をはさんで点Aの反対側にある点Bで月の軌道に接するものとする。面積速度一定の法則(ケプラーの第2法則)をXの運動に適用すると, 点Aでの加速直後のXの速さ V_A と点BでのXの速さ V_B の比は $\frac{V_A}{V_B} =$ と表せる。一方, 力学的エネルギー保存の法則より, 点Aにおける力学的エネルギー E_A は, 無限遠を位置エネルギーの基準に取ったとき, $E_A =$ と表され, 点Bにおける力学的エネルギー E_B に等しい。これらから $V_A =$ $\times \sqrt{\frac{GM}{L}}$ と表せる。

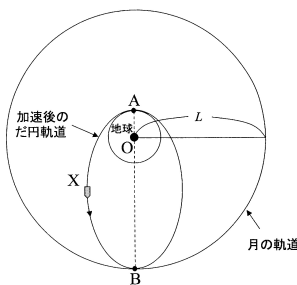


図2

(3) ケプラーの第3法則によれば, 惑星の公転周期の2乗はだ円軌道の半長軸の3乗に比例する。この性質を探査機Xの運動に適用すると, Xが点Aを出発してだ円軌道上を半周進み, 点Bに到達するまでの時間は, (1)のTを用いて $\times T$ と表せる。ただし, 計算過程も示せ。

物 理 (推薦問題用紙2)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

II 以下の問題 (1), (2) の空欄 ~ , 及び (3) の解答欄の表の空欄に適切な表式, 字句や値, グラフを入れよ。

(1) 導線を全体で N 回巻いて半径 R [m], 長さ L [m] のコイルを作り, コイルの中心軸が水平面内にとった x 軸と平行になるように固定する。コイルの両端を電池につなぎ, 大きさ I [A] の電流を流す。図 1a はこのコイルを横から見た断面図で, \times 印と黒丸は電流の向きを表す。 L が R に比べて十分大きいとき, コイルの内部に発生する磁場 \vec{H} [N/Wb] はほぼ一様で, その大きさ H を R, L, N, I のうち必要なものを使って表すと $H =$, その向きは x 軸の の向き ("正" または "負" から選択) である。 L が R に比べて十分大きいとは言えないとき, \vec{H} はコイル内外の位置によって変化する。図 1b の曲線はこのときのコイル内外の磁力線 (向きを表す矢印は省略) の概略を表している。コイル内の中心軸上での各点の x 座標を横軸として, 各点での磁場の x 成分の大きさ $|H_x|$ を縦軸に描いたグラフは である (コイルの左端 ($x = x_L$) から右端 ($x = x_R$) の範囲で $|H_x|$ の概略を描くこと)。

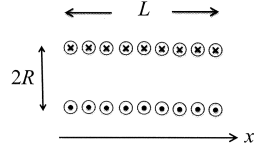


図 1a

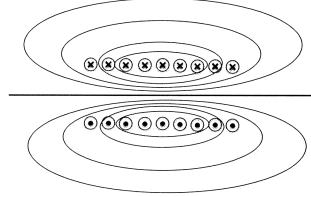


図 1b

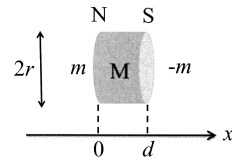


図 2

(2) 図 2 のように空間内に半径 r [m], 長さ d [m] の円筒形の磁石 M を固定する。円筒の両端の面の一方は正の磁気量 m [Wb] を持つ N 極で, 他方は負の磁気量 $-m$ を持つ S 極であり, 円筒の中心軸は水平面内の x 軸と平行で N 極が $x = 0$, S 極が $x = d$ の位置にある。磁場中では各々の磁極に磁気力がはたらくが, その大きさは磁極のある場所での磁場 \vec{H} [N/Wb] の大きさ H と m の積 mH で表され, その向きは N 極では \vec{H} , S 極では $-\vec{H}$ の向きである。 M にはたらく磁気力 \vec{F} [N] は N 極と S 極にはたらく磁気力の合力である。

(i) 磁場の x 成分が $ax + b$ [N/Wb] (a, b は定数) のとき, \vec{F} の x 成分を m, r, d, a, b のうち必要なものを使って表すと である。

(ii) $r < R, d < L$ として磁石 M を (1) のコイルの内部に中心軸が一致するように図 2 の向きに固定する。 M の S 極の面がちょうどコイルの右端にあるとき (N 極の面はその左側), M が図 1b の磁場から受ける磁気力 \vec{F} の x 成分は ("ゼロ", "正", "負" から選択) である。

(3) (1) のコイルを 1 個, (2) の磁石を 2 個 (M_1, M_2), 半径 r' , 長さ L' の円筒形で磁石が吸着する電池を 1 個用意する。図 3 のように電池の両端に M_1 と M_2 を 3 個の円筒の中心軸が一致するように吸着させ, 水平面上の x 軸にそって固定されたコイルの中に置く。ただし $r' < r < R, L' + 2d < L$ とする。また, コイルの両端は電池につなげず開放しておく。

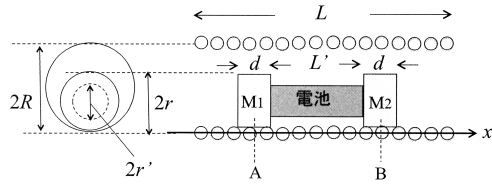


図 3

2 個の磁石は電流を流す材質でできており, 重力によりコイル下部の導線と接触している。このため, 電池から磁石を通してコイルに電流が流れることが可能である。簡単のため, コイルと磁石は一点 (磁石の x 軸方向の中心; 図 3 の A, B) でのみ接触するとする。A, B をつなぐコイルの間を流れる電流により, コイルの長さの違いを無視すれば, 図 1b と同様の磁力線が発生する。図 1b と (2) の考察から, 各々の磁石が受ける磁気力の向きを推定できる。電池の向きは図 1a, b の向きに電流が流れるようにとる。磁石の向きは, M_1 と M_2 の 4 個の極を x 軸の正の向きに左から順に並べて表すと NSNS など 4 通りの可能性がある。導線は磁化せず, 導線と磁石との摩擦力は十分小さいとすると, これら 4 通りの組み合わせのいくつかでは電池と磁石が合体したまま, コイル内を移動する。解答用紙の表にある 4 つの組み合わせについて (i) 右側の磁石 M_2 が受ける磁気力の x 成分の符号 ("ゼロ", "正" または "負" から選択), (ii) 移動するかしないか, するとしたらどちら向きの運動になるか ("しない", "右", "左" から選択), を答えよ。

物 理 (推薦問題用紙3)

解答に必要な計算および答えは解答用紙の指定されたところに書きなさい。

III 以下の空欄 ～ に適切な表式や値を入れよ。また、(3) の設問にしたがってグラフを完成させよ。

断面積 S [m²]、質量 M [kg] で厚さの無視できるシリンダーがある。シリンダーには気密性を保ちながら滑らかに動ける質量 m [kg] で厚さの無視できるピストンが付いている。また、シリンダーとピストンで囲まれた空間には質量の無視できる単原子分子の理想気体が 1 mol 入っている。図 1 のように、シリンダーの開口部を下にして、密度 ρ [kg/m³] の液体の中に浮かべる。さらに手で押してシリンダーに鉛直下向きの外力を加え、シリンダーの底面がちょうど液面と一致するまで沈める。そこで静かに手を離すと同時に図 2 のようにシリンダー底面におもりを置く。おもりの質量を変えて実験をくり返したところ、おもりの質量が m' [kg] のとき、力がちょうど釣りあい、シリンダーとピストンは静止した。このとき、シリンダーの底面からピストンまでの距離は h [m] であった。外気圧を p_0 [Pa]、気体定数を R [J/(mol·K)]、重力加速度の大きさを g [m/s²] として以下の問いに答えよ。

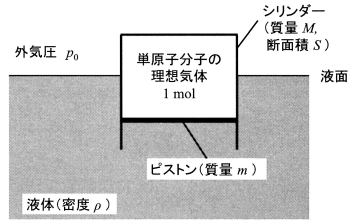


図 1

(1) シリンダー、ピストンともに熱をよく通す材質でできており、図 2 の状態におけるシリンダー内部の気体の圧力が p_1 [Pa]、体積が V_1 [m³]、温度が T_1 [K] であった。ピストンに加わる力は、気体の圧力、重力、および外気圧を含めた液体の圧力による力であることを考えて、 p_1 、およびおもりの質量 m' を、 M 、 m 、 g 、 R 、 S 、 h 、 ρ 、 p_0 のうち必要なものを用いて表すと $p_1 =$, $m' =$ となる。気体の温度 T_1

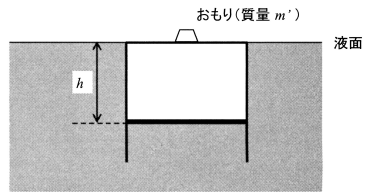


図 2

は、 R 、 p_0 、 p_1 、 V_1 のうち必要なものを用いて表すと $T_1 =$ となる。

(2) 続いて、図 2 の状態から、シリンダーの位置を保ったまま、おもりを取り除き、同時にシリンダーの底に下向きに外力を加えて、内部の気体の温度が変化しないようにゆっくりとシリンダーを押し下げていった。すると図 3 のように、液面からピストンまでの距離が L [m] となったときに力のつりあいが取れ、外力を取り除いてもシリンダーとピストンは静止した。このときのシリンダー内部の気体の圧力 p_2 [Pa] を M 、 m 、 g 、 R 、 ρ 、 p_1 、 V_1 のうち必要なものを用いて表すと $p_2 =$ となる。また、液面からピストンまでの距離 L [m] を m 、 g 、 S 、 p_0 、 p_2 を用いて表すと $L =$ $\times \frac{1}{\rho}$ となる。

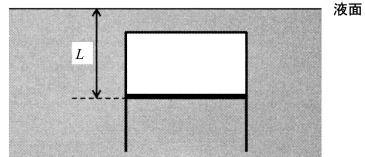


図 3

(3) 気体の状態変化を考えるうえで、気体の圧力と体積の関係をグラフで表すと便利である。例えば、(1)、(2) の操作における変化をグラフに表すと、解答欄に示すような曲線を描く。

さて、(1) の理想気体を囲むシリンダーとピストンの形状、質量はそのまま、材質を断熱材に変えて (1)、(2) と同様の操作を行う。シリンダー、ピストン、おもり (質量 m') を図 2 と同様に配置したとき、シリンダー内部の単原子分子の理想気体 1 mol の圧力、温度は (1) と同じ p_1 [Pa]、 T_1 [K] であった。ここから、おもりを取り除き、外力を加えてシリンダーをゆっくり押し下げていき、外力を取り除いてもシリンダーとピストンが静止する位置で停止させた。単原子分子の理想気体の断熱変化では、気体の圧力 p と体積 V との関係が $pV^{\frac{5}{3}} = \text{一定}$ となることを考慮して、この操作によるシリンダー内部の気体の圧力と体積の変化を表す曲線を解答欄の図中に書き加えよ。また、静止した状態における液面からピストンまでの距離は (2) の L (“より長い”、“と等しい”、“より短い”より選択；その理由も述べよ)。

化学 (問題用紙 1)

必要があれば、次の値を使用せよ。水のイオン積 (25°C) $K_w = 1.0 \times 10^{-14}$ (mol/L)², $\log_{10} 2 = 0.30$, $\log_{10} 3 = 0.48$, $\sqrt{2} = 1.41$, $\sqrt{3} = 1.73$,
原子量: H = 1.0, He = 4.0, Li = 7.0, C = 12.0, N = 14.0, O = 16.0

I 次の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1) 0.020 mol/Lの酢酸水溶液 100 mLを入れた5つのビーカーに、それぞれ次の(a)~(e)の操作を行った。25°Cにおける各水溶液のpHを計算せよ。ただし、25°Cの酢酸の電離定数 K_a を 2.0×10^{-5} mol/Lとし、答えは小数点以下第1位まで求めよ。なお、(b)~(e)においては、溶液の混合に際して体積の加成性が成り立っているものとする。

- (a) 水を加えて 1.0 L とした。
- (b) 0.040 mol/L の塩酸 100 mL を加えた。
- (c) 0.040 mol/L の水酸化カリウム水溶液 100 mL を加えた。
- (d) 0.020 mol/L の酢酸カリウム水溶液 100 mL を加えた。
- (e) 0.010 mol/L の酢酸カリウム水溶液 100 mL を加えた。

問(2) 次の(a)~(e)の化学反応を起こす化合物を、以下の化合物群の中から一つ選び、その化学反応式を書け。

- (a) 銅と反応して、二酸化窒素を与える。
- (b) 希硫酸と反応して、二酸化硫黄を与える。
- (c) 希硫酸と反応して、硫化水素を与える。
- (d) その硫酸酸性水溶液は、過酸化水素を還元する。
- (e) 硫化水素と反応して、白色沈殿を与える。

(化合物群)

- | | | | |
|-------------|-------|-----------|-----------|
| ・亜硫酸水素ナトリウム | ・塩化亜鉛 | ・塩化カリウム | ・塩化鉄(III) |
| ・過マンガン酸カリウム | ・希硝酸 | ・硝酸ナトリウム | ・水酸化バリウム |
| ・炭酸水素ナトリウム | ・濃硝酸 | ・ヨウ化ナトリウム | ・硫化鉄(II) |

II 次の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1) 次の設問(a)~(c)に答えよ。

- (a) 3.160 g の銀を溶かして硝酸銀とし、これにヨウ化カリウムを加えたところ、ヨウ化銀 6.858 g が得られた。このヨウ化銀を塩素ガスの中で加熱したところ、塩化銀 4.191 g が得られた。いずれの反応も 100%の収率で完全に進行したのものとすると、ヨウ素の原子量はいくらか。塩化銀の原子量を Cl = 35.45 として、小数点以下第1位まで求めよ。
- (b) 内容積と重さが等しい2つの容器を用意して内部を真空にした後、一方には同じ物質の水素と窒素からなる混合気体を入れ、もう一方にはヘリウムを入れた。いま、ある温度のもので、ヘリウムの圧力が 1.00×10^5 Pa であった。それと同じ温度のもので、混合気体の圧力を調整した結果、内部の気体まで含めた2つの容器の重さが完全に等しくなった。このとき、混合気体の圧力はいくらか。有効数字3桁で答えよ。
- (c) 元素の原子番号を Z とすると、原子の Z 番目のイオン化エネルギーの大きさは Z の 2 乗に比例して大きくなることが知られている。いま、水素原子のイオン化エネルギーを 1.31×10^3 kJ mol⁻¹ とすると、リチウム原子の Z 番目のイオン化エネルギーはいくらか。

化 学 (問題用紙2)

問(2) 次の文章を読み、以下の設問(a)～(e)に答えよ。

2本の ① 炭素電極を立てた ② ビーカーに、 0.10 mol/L の水酸化バリウム水溶液 200 mL を入れた。これらの炭素電極のあいだを導線でつないで ③ 電球および 1.0 V の ④ 電源を含む回路を組み、電球が光っている状態にした。次に、そのビーカーに 1.0 mol/L の硫酸 40 mL を、 ⑤ ビュレットからゆっくり滴下していった。

- 下線で示された ① ～ ⑤ の5つの器具や装置の位置と配線に注意しながら、この実験の様子をわかりやすい図に描け。
- (a)で描いた図に、この実験で使用した2種類の試薬の化学式と濃度を、それぞれ容器の近くに記入せよ。
- 滴下を開始したとき、ビーカーの中で起こる化学反応の反応式を書け。
- この反応が中和点に達するのは、滴下量がいくらのときか。
- 滴下が終了するまでに観察される、電球の明るさの変化について説明せよ。

Ⅲ 次の問(1)と問(2)に答えよ。

問(1) 異性体に関する次の文章を読み、以下の設問(a)と(b)に答えよ。有機化合物の構造式は、下の例にならって示せ。

有機化合物には、分子式が同じであっても、原子の結合のしかたが異なるいくつかの化合物が存在することがあり、これらを互いに異性体という。

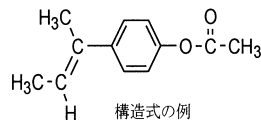
異性体のうち、原子の結合の順序、つまり、構造式が異なる異性体を(ア)という。

(ア)には、炭素原子のつながり方(炭素骨格)の違いによるものがあり、分子式 C_4H_{10}

の化合物には(A)と(B)が考えられる。官能基の種類の違いによって生じる(ア)もあり、分子式 $\text{C}_2\text{H}_6\text{O}$ の化合物には(C)と(D)が考えられる。また、官能基の位置の違いによって生じる(ア)もあり、分子式 $\text{C}_3\text{H}_8\text{O}$ のアルコールには(E)と(F)が考えられる。さらに、二重結合などの不飽和結合の位置の違いによって生じる(ア)もあり、分子式 C_4H_8 の直鎖状のアルケンには(G)と(H)が考えられる。

分子の立体的な構造が異なるために生じる異性体を(イ)という。(イ)には、炭素間の二重結合が原因で生じる異性体がある。例えば、上のアルケン(H)には(I)と(J)の二種類の異性体が考えられ、それらを(ウ)という。また、不斉炭素原子が原因で生じる(イ)もあり、それらを(エ)という。(エ)の例としては、一般構造式 $\text{R-CH}(\text{NH}_2)\text{COOH}$ で表される(オ)があり、1対の(エ)は、D型とL型に区別される。なお、天然に存在する(オ)は、いずれも(カ)型の構造をとっている。

- (ア)～(カ)にはもっとも適切な語句または記号を入れよ。
- (A)～(J)には構造式を入れよ。

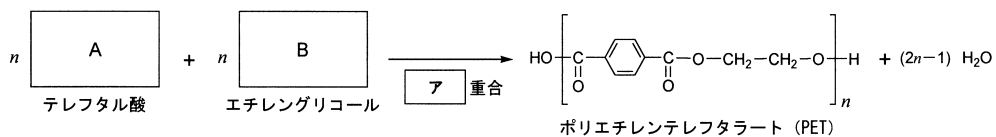


<問(2)は問題用紙3にある>

化 学 (問題用紙 3)

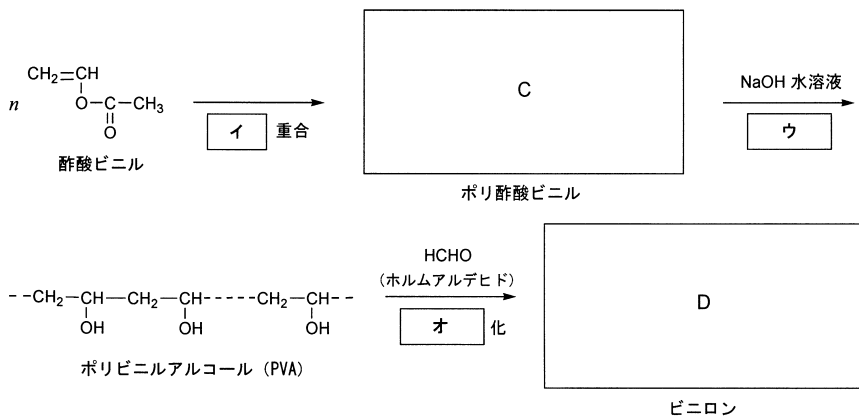
問(2) 高分子に関する次の文章を読み、以下の設問(a)～(c)に答えよ。

有機高分子化合物は、でんぷんやタンパク質など自然界に存在する天然高分子化合物と、石油などを原料として作られ、われわれの身近で広く使われている合成高分子化合物とに分けられる。合成高分子化合物の例として、多数のエステル結合でつながったポリエステル系高分子化合物がある。例えば、2価カルボン酸のテレフタル酸と2価アルコールのエチレングリコールを（ア）重合させると、ポリエチレンテレフタレート（略称 PET）が得られる。



一方、多数のアルケンがつながった合成高分子化合物をオレフィン系高分子化合物といい、それを繊維としたものはオレフィン系合成繊維と呼ばれる。その代表であるビニロンは、1939年に日本で発明された国産初の合成繊維で、綿とよく似た性質をもつ。ビニロンは、次のような工程で作られる。

- i) 酢酸ビニルを（イ）重合させてポリ酢酸ビニルとし、これを水酸化ナトリウム水溶液で（ウ）するとポリビニルアルコール（略称 PVA）が得られる。
- ii) PVA の水溶液を細孔から硫酸ナトリウムの飽和水溶液に押し出すと、（エ）が起こって繊維状に固まる。
- iii) 生じた繊維は水に溶けやすいので、ホルムアルデヒド水溶液で（オ）化と呼ばれる処理をすると、PVA 中の水酸基の数が減り、水に不溶な繊維ビニロンが得られる。



- (a) （ア）～（オ）にはもっとも適切な語句を入れよ。
- (b) A ～ D に構造式を入れ、それぞれの化学反応式を完成させよ。C と D は図中に示す PVA の構造式を基本として示せ。
- (c) PET と同じ繰り返し単位をもつ分子量 3282 の化合物を考えると、その分子中には何個のエステル結合が存在するか。

生 物 (問題用紙 1)

< 問題用紙は3枚ある。 >
< 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。

酵母菌をグルコース溶液中で培養するとき、酸素のない条件では、**ア**が行われる。好氣的条件下で培養すると、酵母菌の細胞内に**イ**と呼ばれる細胞小器官が発達し、**ア**が抑制される。このような現象は**ウ**効果と呼ばれる。ヒトの正常細胞は、酸素が十分にある状態では酸素を利用し、グルコースから最大量のATPを産生している。この過程では、解糖系で生じる代謝産物である**エ**が**イ**の**オ**に運ばれる。**エ**を構成する3個の炭素のうち一つが二酸化炭素として取り除かれ、生じた化合物は、**カ**の働きにより酸化されて**キ**を生じると同時に、アセチル基が**ク**に移され、**ケ**が生じる。**ケ**は、**コ**からクエン酸が生じる反応に使われる。クエン酸は、段階的に二酸化炭素を放出し、また複数の**カ**の働きによって酸化されて、**コ**に戻る。クエン酸回路では、基質レベルのリン酸化によって**エ**2分子当たり**サ**分子のATPが生じる。また、この回路で**キ**や**シ**が生じる。解糖系やクエン酸回路で生じた**キ**や**シ**は、**イ**の内膜にある**ス**に運ばれ、**キ**や**シ**の酸化によって発生するエネルギーを用いて、大量のATPが産生される。

一方、がん細胞は一般に、酸素が十分に存在していても、主として解糖系によってATPを産生し、大量にグルコースを消費している。がん細胞にみられるこのような解糖系の亢進は、ワールブルグ効果と呼ばれる。ワールブルグ効果は、体内でグルコース取り込みが多い場所を画像上に示してがんを診断する、フルオロデオキシグルコース陽電子放出断層撮影法(FDG-PET)に応用されている。

問1. 文章中の**ア**～**ス**に入る最も適切な語句または数字を、解答欄に記入せよ。

問2. がん細胞では、筋組織で酸素を使わずにエネルギーを産生する場合と同様の反応が起こる。この反応で、**エ**は最終的にどのような代謝産物に変換されるか。化学式で答えよ。また、その際にグルコース1分子から、差し引き何分子のATPが産生されるか。

問3. ワールブルグ効果は、がん細胞にとってどのような利点があると考えられるか。50字以内で答えよ。

II.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

ホルモンは、**ア**と呼ばれる器官や細胞から血液中に放出される物質で、血液の循環によって全身へ送られ、特定の器官に作用する。ホルモンが作用する器官には、そのホルモンの**イ**を持つ細胞が存在し、ホルモンは**イ**と結合して、決まった反応を起こさせる。ホルモンの**イ**を持ち、決まった反応を起こす細胞を、そのホルモンの**ウ**細胞と呼ぶ。

間脳の視床下部は脳下垂体につながり、脳下垂体からのホルモン分泌を調節している。たとえばバソプレシンは、視床下部の**エ**細胞で産生され、細胞の**オ**を通過して脳下垂体後葉まで直接運ばれて、そこで血液中に放出される。バソプレシンは、腎臓の**カ**に作用して、水の**キ**を促進する。また視床下部には、各種の放出ホルモンや**ク**ホルモンを分泌する**エ**細胞も存在する。これらのホルモンは、**ケ**により脳下垂体前葉に運ばれ、前葉からのホルモン分泌を調節する。たとえば、視床下部から分泌される放出ホルモンの一つである副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモンは、脳下垂体前葉を刺激して、副腎皮質刺激ホルモンの分泌を促す。さらに、副腎皮質刺激ホルモンは、副腎皮質に作用して**コ**の分泌を促進する。**コ**は、**サ**の分解を促してグルコースの合成を引き起こし、血糖値を上げる。また、物質の分解を促進することで、発熱量を**シ**させる。さらに負のフィードバックにより、視床下部や下垂体前葉からのホルモンの分泌を調節している。

問1. 文章中の**ア**～**シ**に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問2. 副腎皮質刺激ホルモン以外に、脳下垂体前葉から分泌されるホルモンを一つ挙げよ。

問3. 副腎皮質から分泌されるホルモンを、**コ**以外に一つ挙げよ。

問4. 血糖値を上げる働きのあるホルモンを、**コ**以外に一つ挙げよ。

問5. 脳下垂体後葉の障害で、バソプレシンの分泌が低下することがある。このとき、尿の量や比重にはどのような変化が生じるか。20字以内で説明せよ。

問6. 副腎皮質の異常で、**コ**の分泌が上昇することがある。このとき、視床下部からの副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモンと脳下垂体前葉からの副腎皮質刺激ホルモンの分泌はどのように変化するか。

(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 2)

III.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

DNAの持つ遺伝情報を基にして [ア] が合成される過程を、遺伝子の [イ] という。特定の遺伝子を単離して加工し、大腸菌や酵母菌など別の種の生物、あるいは培養したヒトやハツカネズミの細胞で [イ] させるバイオテクノロジーの技術により、ある種のホルモンや抗体など、特定の機能を持った [ア] を大量に得て、病気の治療などに用いることができるようになった。ある生物の持つ特定の遺伝子を細胞外に取り出して加工し、別の生物の細胞に取り込ませて [イ] させる手法を、遺伝子組換えという。一本鎖の核酸であるRNAを細胞外で加工することは難しいが、二本鎖のDNAに対しては、これを特定の塩基配列の部位で正確に切断する [ウ] や、DNA鎖の末端を連結させる [エ] を用いて、細胞外でつなぎ換えなどの加工を行うことができる。このため、遺伝子組換え技術は主にDNAを対象として行われる。しかし、ヒトやハツカネズミの細胞の核に含まれるDNAには、その細胞では [イ] していない遺伝子を含めた大量の遺伝情報が存在するため、その中から特定の [ア] の遺伝子を単離するのは簡単ではない。そこで、目的の [ア] を比較的多く合成している細胞から、翻訳の対象となつている [オ] を集めて利用する。

細胞からRNAを取り出すと、その大部分はリボソームの構成成分である [カ] であり、残りの大半はアミノ酸をリボソームへと運ぶ [キ] であつて、 [オ] の割合は低い。しかし、ヒトやハツカネズミなど真核生物の [オ] の大部分では、転写のうち、鋳型となる遺伝子DNAにはなかったアデニンヌクレオチド(A)が数十から数百並んだ配列が、その3'末端に付け加えられる。そこで、 [オ] に特有な、このAが多数並んだ配列を利用して、 [オ] の配列に相補的なDNAを合成し、遺伝子組換えに用いる。このとき利用されるのが、ヒト免疫不全ウイルス(HIV)などの [ク] がその粒子内に持つ [ケ] である。 [ケ] は、 [オ] を鋳型としてDNAを合成する反応を触媒する。

[ケ] による反応を含め、DNAの合成にはその出発点となる、鋳型に相補的な短いヌクレオチド鎖(これを [コ] と呼ぶ)が必要であり、4種類の塩基を含むヌクレオチドの結合は、① [コ] を起点に一方方向に進む。そこで、目的の [ア] を合成している細胞からRNAを取り出し、アデニンヌクレオチドが多数並んだ配列に相補的な、 [サ] ヌクレオチドが多数並んだヌクレオチド鎖を [コ] として加えて、 [ケ] による反応を行う。これにより、② [オ] に相補的な配列を持った一本鎖のDNA(これを相補的DNAと呼ぶ)が得られる。しかし、得られた相補的DNAには、元の細胞で翻訳されていた多数の [ア] に対応する [オ] 由来のものが混在している。そこで、目的の [ア] の遺伝情報を持つ相補的DNAを、それ以外の相補的DNAから分離することが必要となる。

一般に、 [ア] を単離して、ポリペプチド鎖のアミノ基が残った末端から数個のアミノ酸を、順に決定することが可能である。いま、目的の [ア] の、アミノ基が残った末端から6個のアミノ酸の配列が、メチオニン-グリシン-プロリン-フェニルアラニン-システニン-ロイシンであると判明した。③ このアミノ酸配列に対応するヌクレオチド鎖を合成し、これを [コ] として、下線部②の一本鎖DNAを鋳型にDNAを合成させることにより、④ 目的の [ア] の [オ] を転写できる二本鎖DNAが単離できる。

問 1. 文章中の [ア] ~ [サ] に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. 下線部①のヌクレオチド鎖の合成は、どの方向に進むか。

問 3. 下線部③のヌクレオチド鎖の長さは何塩基分か。

問 4. 下線部③のヌクレオチド鎖の塩基配列は、1種類には決まらない。実際には、同じ長さで複数の異なる塩基配列を持った、ヌクレオチド鎖の混合物を用いる必要がある。これはなぜか。75字以内で答えよ。

問 5. 下線部④の二本鎖DNAを大腸菌のプラスミドに組込んで増やし、目的の [ア] に翻訳される [オ] の全塩基配列が明らかになった。そこで、約2,000ヌクレオチドを含むこの [オ] の、中央部付近の2か所の配列に対応する、互いに逆向きの短いヌクレオチド鎖を一对の [コ] として、ポリメラーゼ連鎖反応(PCR)を行ってみた。相補的DNAを鋳型としてPCRを行うと、約400ヌクレオチド対の長さのDNAが増幅された。一方、この [ア] を合成している細胞の核から取り出したDNAを鋳型として同様にPCR反応を行うと、約7,000ヌクレオチド対の長さのDNAが増幅された。このように、鋳型となるDNAの由来によって、PCRで増幅される産物の長さが異なるのはなぜか。50字以内で答えよ。

問 6. ヒトの細胞の核から取り出したDNAから、特定の [ア] の遺伝子を単離して、転写の開始やリボソームの結合に必要な配列を持ったプラスミドに組み込み、大腸菌に取り込ませても、目的の [ア] を発現させることはできない。これはなぜか。75字以内で答えよ。

(次頁に続く)

生 物 (問題用紙 3)

IV.

次の文章を読んで下の問いに答えよ。

植物は、根づいたところで最適な生育条件が得られるよう、外界からの刺激に適切に応答している。① 植物の器官における外界からの刺激に対する反応は、主に傾性と屈性に分けられる。ある種の傾性、およびすべての屈性は、植物体の部分的な成長速度の差によって起こる。傾性の例としては、外界の の変化と関連したチューリップの花弁の開閉が挙げられる。屈性の刺激としては、光や重力のほか、、、 が挙げられる。茎が光の方向へ屈曲する反応には、可視光線のうち 光のみを受容する性質のある が関わっている。この光受容体による光の感知がきっかけとなって、陰になっている側へのオーキシンの移動が促進される。

植物の芽生えを水平に寝かせておくと、茎は上(重力と反対の向き)に、根は下(重力の向き)にそれぞれ屈曲する。この反応にもオーキシンが関わっている。重力の向きに従ってまっすぐに伸長成長している根では、オーキシンは根の中央部を通して根の先端へ向けて移動する。根の のところまで来たオーキシンは、その移動方向を反転し、 を通って根の基部へ向けて移動する。オーキシンの移動には、細胞膜にあるオーキシンの輸送タンパク質が働いている。

根の屈曲が生じるとき、まず重力の向きが根の先端の 中の細胞によって感知される。この細胞には、 と呼ばれる、デンプン粒を密に含んだ細胞小器官がある。細胞が傾くと、 は重力の向きに従って細胞内を移動し、それが引き金となって、② 細胞膜にあるオーキシンの輸送タンパク質の分布が変化し、細胞からのオーキシンの排出に変化が生じる。その結果、③ 根の基部へと向かうオーキシンの移動が、重力の向きに従ってまっすぐに伸長成長している通常の根とは異なったものとなる。根の先端から根の伸長域(帯)へと運ばれてきたオーキシンの作用により、水平に寝かされた根の下側で伸長成長が され、上側と下側で伸長成長に差が出ることで根の屈曲が生じる。

問 1. 文章中の ～ に入る最も適切な語句を、解答欄に記入せよ。

問 2. 下線部 ① について、傾性と屈性はどのような点で異なるか。40字以内で答えよ。

問 3. オーキシンは、主として植物体のどの部位で作られるか。

問 4. 下線部 ② について、細胞膜におけるオーキシンの輸送タンパク質の分布は、(a) 分布が変化する前と、(b) 分布が変化したあとではどのようなか。それぞれ20字以内で答えよ。

問 5. 下線部 ③ について、根の基部へと向かうオーキシンの移動は、(a) 重力の向きに従ってまっすぐに伸長成長している通常の根と、(b) 水平に寝かされた根ではどのようなか。局所的なオーキシン濃度に着目し、(a)と(b)の違いが明らかになるよう、それぞれ40字以内で答えよ。

(以上)